

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**RODRIGO PINHEIRO PACHECO**

**CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS  
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

**CURITIBA**

**2011**

RODRIGO PINHEIRO PACHECO

**CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS  
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do grau de mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Prof. Miguel Mansur Aisse, Dr.

Co-orientador: Prof. Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes, PhD

**CURITIBA**

**2011**

Pacheco, Rodrigo Pinheiro  
Custos para implantação de sistemas de esgotamento sanitário /  
Rodrigo Pinheiro Pacheco. – Curitiba, 2011.  
116 f. : il.; graf., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de  
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos  
Hídricos e Ambiental.

Orientador: Miguel Mansur Aisse

Coorientador: Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes

1. Esgotos - Tratamento - Custos. I. Aisse, Miguel Mansur.  
II. Fernandes, Cristovão Vicente Scapulatempo. III. Título.

CDD 628.2



## TERMO DE APROVAÇÃO

RODRIGO PINHEIRO PACHECO

### "CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTOS SANITÁRIOS"

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

PRESIDENTE:

**Miguel Mansur Aisse**  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador

MEMBROS:

**Cristóvão Vicente S. Fernandes**  
Universidade Federal do Paraná  
Co-orientador

**Roque Passos Piveli**  
Universidade de São Paulo

**Daniel Costa dos Santos**  
Universidade Federal do Paraná

**Regina Tiemy Kishi**  
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 26 de agosto de 2011

*Dedico*  
*aos meus pais, Álvaro e Roseli,*  
*pelo incentivo e pela educação concedida.*

*A minha querida esposa, Regina,*  
*pelo amor e paciência.*

*E ao meu filho, o pequenino Miguel,*  
*pela alegria da sua recente vinda.*

## ***Agradecimentos***

Agradeço a Deus, que nunca me abandonou, concedeu-me forças ao longo desta jornada e pelo seu grande amor demonstrado através da graça da salvação em Jesus Cristo.

À Universidade Federal do Paraná – UFPR, em particular ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, pela oportunidade de tornar este sonho realidade.

Ao professor e orientador Miguel Mansur Aisse, que com muita paciência e sabedoria soube me conduzir para o melhor desenvolvimento deste estudo.

Ao professor e co-orientador Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes, que acreditou em meu potencial e soube me chamar atenção no momento certo.

Ao gerente do escritório da Cobrape de Curitiba Carlos Eduardo Curi Gallego que incentivou e idealizou este projeto.

Aos colegas: orçamentista Jose da Silva Lima Neto, engenheiro Luiz Carlos Petelinkar e engenheira Antonieta Costa da Costa que prontamente me auxiliaram tecnicamente com informações valiosas para o trabalho.

Também devo agradecer, em especial, à Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos que proveu o financiamento desta pesquisa através da disponibilização de meu tempo aos estudos e informações para o trabalho.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

Pois, que adianta ao homem ganhar  
o mundo inteiro e perder a sua alma?

Marcos 8:36

## RESUMO

O transporte e tratamento dos esgotos, bem como o tratamento e destinação correta do lodo são assuntos recorrentes no saneamento básico. No entanto, ainda não se encontram com frequência, na literatura, os custos atualizados para a implantação destes sistemas. Visando orientar estudos de viabilidade e políticas para implantação dos sistemas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver métodos para estimativa de custos de implantação para a coleta e transporte dos esgotos, tratamento dos esgotos e tratamento do lodo. Foram atualizados custos de projetos para implantação dos sistemas de transporte e tratamento de esgoto. Também foram desenvolvidos pré-dimensionamentos e seus respectivos orçamentos, para diferentes vazões do lodo produzido em dois tipos de ETEs (UASB e UASB + Lodo Ativado). Os pré-dimensionamentos atenderam as seguintes etapas para o lodo já estabilizado: (i) adensamento, (ii) condicionamento, (iii) desaguamento e (iv) higienização para a disposição final. Para as redes coletoras foram obtidos estimativas de custos para a implantação de tubos de PVC com DN's entre 150 a 350 mm, considerando diferentes tipos de solos e urbanização. Para os Coletores e Interceptores foram apresentadas equações com DN's que variam de 200 a 800 mm, dentre materiais de PVC à Concreto Armado. Para as Estações Elevatórias de Esgoto - EEEs foram obtidas estimativas de custos para faixas de diferentes Alturas Manométricas – Hm: até 15 m.c.a., de 15 a 30 m.c.a., de 30 a 45 m.c.a. e acima de 45 m.c.a., com relação à vazão em L/s. Para as Linhas de Recalque – LR encontrou-se estimativas de custo em função do Diâmetro Nominal – DN com a utilização de diferentes materiais (PEAD, PVC DEFoFo, FoFo e RPVC/PRFV). Para as Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs foram obtidos custos para os sistemas de Lagoas de Estabilização, RALF + Filtro Anaeróbio, RALF + Lagoas Facultativas, UASB + Filtro Biológico e Lodos Ativados. Quanto aos sistemas de tratamento de lodo, considerando apenas os custos de implantação, para as ETEs do tipo UASB e UASB + LA até aproximadamente 35 L/s, pode-se optar pelo uso de leitos de secagem com calagem. A partir desta vazão fica sugerida a implantação de sistemas mecanizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** coleta e transporte de esgoto, tratamento de esgoto, condicionamento e tratamento de lodo de esgotos; custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário.



## **ABSTRACT**

The transportation and sewage treatment, as well the correct treatment and disposal of sludge are recurrent issues in sanitation. However, the capital costs updates of these systems are not often found in the literature. To guide feasibility studies for implementation of policies and systems, the objective of this study was to develop methods for estimating the cost of deployment for the collection and transportation of sewage, sewage treatment and sludge treatment. Project costs were updated for implementation of transport systems and sewage treatment. Also were developed pre-dimensioning and their budgets for different flows, the sludge produced in two types of wastewater treatment (UASB and UASB + Activated Sludge). The pre-sizing had attended the following steps for the stabilized sludge: (i) thickening, (ii) conditioning, (iii) dewatering and (iv) disinfection for final disposal. For sewage disposal system was obtained estimates of capital costs of PVC pipes with diameters between 150 and 350 mm, with different soil types and urbanization. For Collector Truck Sewer was presented equations with diameters ranging from 200 to 800 mm, with pipes of PVC and Concrete. For Sewage Pumping Stations - SPS were obtained cost estimates for different ranges of manometric height (TMH): up to 15 m, 15-30 m, 30-45 m and above 45 m, with respect to the flow in L/s. Lines for Pumping - LP met cost estimates according to Diameter to the use of different materials (HDPE, PVC pipe DEFoFo, and Cast Iron and RPVC / RPF). For Wastewater Treatment Plants - WWTPs costs were obtained for systems Stabilization Ponds, UASB + Anaerobic Filter, UASB + Facultative Ponds, UASB + Thickening and Activated Sludge. As for the sludge treatment systems, considering only the cost of implementation for the wastewater treatment UASB and UASB + Activated Sludge to approximately 35 L/s flow can opt for the use of drying beds. From this flow is suggested the deployment of mechanized systems.

**KEYWORDS:** collection and transportation of sewage, sewage treatment, conditioning and treatment of sewage sludge; capital costs sewage systems.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS DE ATENDIMENTO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	20
FIGURA 3.2 – SISTEMA CONVENCIONAL DE COLETA DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	25
FIGURA 3.3 – POÇO DE VISITA EM ALVENARIA COM TUBO DE QUEDA .....	27
FIGURA 3.4 – CORTE ESQUEMÁTICO DE ELEVATÓRIAS CONVENCIONAIS DE POÇO ÚMIDO .....	27
FIGURA 3.5 – FLUXOGRAMA TÍPICO DE UMA ETE COMPLETA .....	31
FIGURA 3.6 – CORTE ESQUEMÁTICO REATOR UASB .....	32
FIGURA 3.7 – LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	33
FIGURA 3.8 – REATORES UASB COM PÓS TRATAMENTO .....	34
FIGURA 3.9 – REATORES ANAERÓBIOS COM FILTRO BIOLÓGICO .....	35
FIGURA 3.10 – LODOS ATIVADOS .....	35
FIGURA 3.11 – TRATAMENTO DE LODO ESQUEMÁTICO .....	38
FIGURA 3.12 – FLUXOGRAMA PARA O TRATAMENTO COMPLETO DO LODO.....	39
FIGURA 3.14 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO LINEAR .....	46
FIGURA 3.15 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO EXPONENCIAL.....	47
FIGURA 3.16 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO LOGARITMO.....	47
FIGURA 3.17 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO POLINÔMIO.....	48
FIGURA 3.18 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO POTÊNCIA.....	49
FIGURA 3.19 – CURVA DE CUSTOS PARA O TRANSPORTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS .....	51
FIGURA 5.1 – CUSTO DOS COLETORES/ INTERCEPTORES – DN 200 A 400 mm .....	76
FIGURA 5.2 – CUSTO DOS COLETORES/ INTERCEPTORES – DN 400 A 800 mm .....	77
FIGURA 5.3 – CUSTO DE EEE COM HMAN DE ATÉ 15 m.c.a.....	78
FIGURA 5.4 – CUSTO DE EEE COM HMAN DE 15 A 30 m.c.a. ....	80
FIGURA 5.5 – CUSTO DE EEE COM HMAN DE 30 A 45 m.c.a. ....	81
FIGURA 5.6 – CUSTO DE EEE COM HMAN ACIMA DE 45 m.c.a .....	83
FIGURA 5.7 – RESUMO DOS CUSTOS DAS EEES .....	83
FIGURA 5.8 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – PEAD .....	85
FIGURA 5.9 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – PVC DEFOFO.....	86
FIGURA 5.10 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – FOFO .....	88
FIGURA 5.11 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – PRFV / RPVC .....	89
FIGURA 5.12 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE .....	90
FIGURA 5.13 – CUSTO DE ETE – LAGOAS FACULTATIVAS + MATURAÇÃO .....	91
FIGURA 5.14 – CUSTO DE ETE – RALF + FILTRO ANAERÓBIO .....	92
FIGURA 5.15 – CUSTO DE ETE – RALF + FILTRO ANAERÓBIO .....	93
FIGURA 5.16 – CUSTO DE ETE – UASB + FILTRO ANAERÓBIO + DECANTADOR .....	95
FIGURA 5.17 – CUSTO DE ETE – LODOS ATIVADOS .....	96

FIGURA 5.18 – CUSTO DE SECAGEM DO LODO POR LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB.....	97
FIGURA 5.19 – CUSTOS DA CALAGEM DO LODO PARA LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB.....	98
FIGURA 5.20 – CUSTOS TOTAIS DO TRATAMENTO DO LODO PARA LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB.....	99
FIGURA 5.21 – CUSTOS TOTAIS DO TRATAMENTO DO LODO PARA LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB + LA .....	100

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 – NÍVEIS DE ATENDIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS POR REGIÃO .....	19
QUADRO 3.2 – ORIGEM E DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS SUBPRODUTOS GERADOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO NÍVEIS.....	23
QUADRO 3.3 – TIPO DE ESCORAMENTO POR PROFUNDIDADE DE ESCAVAÇÃO .....	28
QUADRO 3.4 – DISTRIBUIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DIAMETRAL DA REDE DE TRANSPORTE DE EFLUENTES PARA CADA FAIXA DE POPULAÇÃO.....	29
QUADRO 3.5 – CARACTERÍSTICAS E QUANTIDADE DO LODO PRODUZIDO PELOS PRINCIPAIS SISTEMAS.....	36
QUADRO 3.6 – TAXA DE APLICAÇÃO DE SÓLIDOS PARA DIMENSIONAMENTO DE ADENSADORES POR GRAVIDADE .....	40
QUADRO 3.7 – TAXA DE APLICAÇÃO DE SÓLIDOS PARA DIMENSIONAMENTO DE ADENSADORES POR FLOTAÇÃO.....	41
QUADRO 3.8 – CUSTOS DE INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA PARANAENSE .....	50
QUADRO 3.9 – FAIXAS E FUNÇÕES DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES COLETORAS E INTERCEPTORES.....	52
QUADRO 3.10 CUSTO DA REDE COLETORA EM CIDADES COM PEQUENA POPULAÇÃO (1400 A 5500 HABITANTES).....	53
QUADRO 3.11 – CUSTOS DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO .....	54
QUADRO 3.12 – CUSTOS DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO .....	55
QUADRO 3.13 – CUSTO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REATORES ANAERÓBIOS.....	56
QUADRO 3.14 – COMPARAÇÃO DE CUSTO POR HABITANTE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO SEGREGADAS POR POPULAÇÃO DE ATENDIMENTO .....	57
QUADRO 4.1 – FONTES DOS DADOS DOS CUSTOS DE SES .....	58
QUADRO 4.2 – ÍNDICE NACIONAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL – INCC .....	60
QUADRO 4.3 – FATORES MULTIPLICADORES DO INCC .....	61
QUADRO 4.4 – DISTRIBUIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO TIPO DE ESCORAMENTO POR NÍVEL DE TERRENO .....	64
QUADRO 4.5 – CLASSIFICAÇÃO DAS ALTURAS MANOMÉTRICAS PARA CONJUNTOS BOMBAS DAS EEES .....	66
QUADRO 5.1 CUSTO DA RCE (R\$/M) PARA SOLO FAVORÁVEL E BAIXA URBANIZAÇÃO .....	72
QUADRO 5.2 CUSTO DA RCE (R\$/M) PARA SOLO DESFAVORÁVEL E BAIXA URBANIZAÇÃO..	73
QUADRO 5.3 CUSTO DA RCE (R\$/M) PARA SOLO FAVORÁVEL E ALTA URBANIZAÇÃO .....	73
QUADRO 5.4 CUSTO DA RCE (R\$/M) PARA SOLO DESFAVORÁVEL E ALTA URBANIZAÇÃO ...	74
QUADRO 5.5 COLETORES E INTERCEPTORES - DN 200 A 400 mm .....	74
QUADRO 5.6 COLETORES E INTERCEPTORES - DN 400 A 800 mm .....	76
QUADRO 5.7 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO – $H_{man}$ ATÉ 15 m.c.a. ....	77
QUADRO 5.8 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO – $H_{man}$ DE 15 A 30 m.c.a.....	79

QUADRO 5.9 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO – $H_{man}$ DE 30 A 45 m.c.a.....	80
QUADRO 5.10 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO – $H_{man}$ ACIMA DE 45 m.c.a.....	82
QUADRO 5.11 LINHAS DE RECALQUE - PEAD.....	84
QUADRO 5.12 LINHAS DE RECALQUE – PVC DEFOFO .....	85
QUADRO 5.13 LINHAS DE RECALQUE – FOFO.....	87
QUADRO 5.14 LINHAS DE RECALQUE – PRFV / RPVC .....	88
QUADRO 5.15 LAGOAS FACULTATIVAS + MATURAÇÃO.....	90
QUADRO 5.16 ETE – RALF + FILTRO ANAERÓBIO.....	91
QUADRO 5.17 ETE – RALF + LAGOA FACULTATIVA .....	93
QUADRO 5.18 ETE – UASB + FILTRO ANAERÓBIOS + DECANTADOR .....	94
QUADRO 5.19 ETE – REATORES AERÓBIOS – LODOS ATIVADOS.....	95
QUADRO 6.1 – CUSTOS DOS COLETORES/ INTERCEPTORES.....	104
QUADRO 6.2 – CUSTOS DAS EEES .....	105
QUADRO 6.3 – CUSTOS DAS LINHAS DE RECALQUE .....	106
QUADRO 6.4 – CUSTOS DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	107

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	16
1.2	RELEVÂNCIA .....	17
1.3	LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	17
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
2.1	GERAL .....	18
2.2	ESPECÍFICOS .....	18
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>19</b>
3.1	SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL (COBERTURA ATUAL E CARÊNCIA).....	19
3.2	DESCRIÇÃO E DEFINIÇÕES .....	22
3.2.1	Esgotos Sanitários .....	22
3.2.2	Lodo dos Esgotos Sanitários .....	22
3.2.3	Sistemas de Esgotos.....	24
3.2.4	Coleta e Transporte de Esgoto.....	24
3.2.5	Tratamento de Esgoto .....	30
3.2.6	Tratamento do Lodo de Esgoto.....	36
3.3	DESCRIÇÃO DE CUSTOS E FUNÇÕES .....	42
3.3.1	Definições de Custos .....	42
3.3.2	Base de dados.....	43
3.3.3	Atualização Financeira .....	44
3.3.4	Conceitos da Correlação.....	45
3.3.5	Funções Custos .....	49
3.3.6	Custos de Implantação de SES .....	50
<b>4</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>58</b>
4.1	BASE DE DADOS.....	58
4.2	ATUALIZAÇÃO FINANCEIRA .....	60
4.3	METODOLOGIA PARA OS CUSTOS DA COLETA E TRANSPORTE DO ESGOTO .....	62
4.3.1	Redes Coletoras de Esgoto .....	62
4.3.2	Coletores e Interceptores.....	65
4.3.3	Estações Elevatórias de Esgoto .....	66
4.3.4	Linhas de Recalque (Emissários) .....	67
4.4	METODOLOGIA PARA OS CUSTOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	68
4.5	METODOLOGIA PARA OS CUSTOS TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTOS .....	69
4.6	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CUSTOS.....	71
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
5.1	CUSTOS DO TRANSPORTE DO ESGOTO .....	72
5.1.1	Rede Coletora de Esgoto .....	72
5.1.2	Coletores e Interceptores.....	74
5.1.3	Estações Elevatórias de Esgoto .....	77

<b>5.1.4</b>	<b>Linhas de Recalque .....</b>	<b>84</b>
5.2	CUSTOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO .....	90
5.3	CUSTOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO.....	96
5.4	ROTEIRO DE CÁLCULO.....	100
<b>6</b>	<b>DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....</b>	<b>103</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>108</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS CITADAS .....</b>	<b>113</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....</b>	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 JUSTIFICATIVA

A urbanização das cidades, de uma forma geral, as levou primeiramente a se preocupar com o afastamento dos esgotos sanitários, através de sistemas unitários, geralmente ligados aos sistemas pluviais.

A prática do afastamento dos dejetos é antiga e foi facilitada com a utilização de recipientes para acumular fezes e urina, cujo transporte era realizado por homens e animais, com o lançamento desse material residual em terrenos ou em corpos d'água mais afastados (PEREIRA e da SILVA, 2010).

Mesmo com o passar do tempo, os lançamentos dos esgotos eram “in natura” nos córregos, embora isto ainda aconteça atualmente em muitos casos no Brasil, ou às vezes passavam apenas por um tratamento preliminar, meramente para remoção dos sólidos grosseiros.

Porém, o aumento das demandas por água potável e amadurecimento das resoluções ambientais obrigaram – e continuam obrigando –, os municípios a fazer o tratamento primário e secundário dos esgotos, para remoção das cargas orgânicas, utilizando-se agora do sistema separador absoluto.

Recentemente, algumas estações de tratamento começaram utilizar-se de tratamentos terciários e com unidade de desinfecção. Logo, também acredita-se que os descartes dos sólidos (lodo) das estações de tratamento demandarão um cuidado maior a sua destinação, além da usual – lixões ou corpos d'água.

Desta foram, existe uma necessidade de planejamento para o tratamento e destinação correta dos lodos provenientes dos tratamentos dos esgotos, e conseqüentemente, também será necessário estimar estes custos para por em prática esta demanda ambiental.

Mas no Brasil, ainda há uma carência de informações, no que diz respeito aos custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Isto não significa que eles não existam, pois, é notório que nos últimos anos houve um acréscimo de investimentos na área através do PAC<sup>1</sup> - mesmo que ainda não muito a contento.

Entretanto, é necessário reunir uma base de dados sólida e suficiente para elaborar estimativas de custo para implantação de Sistemas de Esgotamento

---

<sup>1</sup> Programa de Aceleração do Crescimento do Governo Federal.



Sanitário (SES). Contudo, no Brasil não é comum a divulgação de informações de custos de obras de saneamento e menos ainda, a compilação destes dados para que representem os valores financeiros realizados (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008).

Atualmente, o que se percebe na área do esgotamento sanitário é uma falta de informações, associada aos poucos estudos disponíveis e dispersos ao longo do tempo e do espaço, sem uma sistematização dos métodos e resultados.

## 1.2 RELEVÂNCIA

A relevância deste estudo, além de dar subsídios às tomadas de decisões no setor de saneamento, também é utilizar as curvas para os custos de SES como uma ferramenta que possa auxiliar as tomadas de decisões na área do esgotamento sanitário, avaliando a melhor alternativa para implantação do sistema. Bem como, buscar uma padronização dos métodos para obter os custos das estruturas dos SES, minimizando as distorções e disparidades.

## 1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As informações e dados que foram analisados e apresentados ao longo deste trabalho estão restritos às suas fontes, orçamentos, considerações e memoriais descritivos. Não foi objeto deste estudo a revisão dos orçamentos dos projetos e das curvas consultadas. Aqui ficou apenas a obrigação de refutar os valores que extrapolavam a curva após a atualização dos custos.

Desta forma, ressalta-se que a elaboração de uma curva de custo pode não exprimir exatamente a realidade do custo do empreendimento, mas estabelece o primeiro olhar financeiro sobre novos projetos e investimentos.

Neste caso foi desenvolvido um método para composição dos custos para implantação para os Sistemas de Esgotamento Sanitário, excetuando-se as considerações sobre desapropriações e indenizações, pois estas estão ligadas às particularidades locais de cada intervenção.

O uso dos resultados encontrados deste trabalho requer cautela e conhecimento de engenharia, especificadamente sobre esgotamento sanitário. Lembrando que não foram considerados os custos de terreno de implantação e custos operacionais (mão-de-obra, energia e insumos), que podem ser preponderantes na escolha da alternativa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Desenvolver método objetivando a estimativa de custos na implantação de sistemas de esgotamento sanitário para subsídio às tomadas de decisões e no auxílio ao desenvolvimento dos Estudos de Concepção.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Desenvolver método visando a estimativa de custos de coleta e transporte de esgoto;
- Desenvolver método visando a estimativa de custos de tratamento de esgoto;
- Desenvolver método visando a estimativa de custos de condicionamento e tratamento de lodo de esgoto; e

Desenvolver um roteiro de cálculo visando o auxílio na estimativa dos custos para a implantação de um SES.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SITUAÇÃO DO SANEAMENTO NO BRASIL (COBERTURA ATUAL E CARÊNCIA)

Segundo os dados oficiais do Governo Federal, divulgados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (SNIS, 2010), a cobertura de esgotamento sanitário no Brasil é da ordem de 43,2% da população total<sup>2</sup> para os esgotos coletados e apenas 34,6% da população total para os esgotos tratados, como se observa no quadro 3.1.

QUADRO 3.1 – NÍVEIS DE ATENDIMENTO DE ÁGUA E ESGOTO DOS PRESTADORES DE SERVIÇOS POR REGIÃO

Regiões	Índice de Atendimento (%)				Índice de tratamento de esgotos gerados
	Água		Coleta de Esgoto		
	Total	Urbano	Total	Urbano	
Norte	57,6	72,0	5,6	7,0	11,2
Nordeste	68,0	89,4	18,9	25,6	34,5
Sudeste	90,3	97,6	66,6	72,1	36,1
Sul	86,7	98,2	32,4	38,3	31,1
Centro-Oeste	98,5	95,6	44,8	49,5	41,6
Brasil	91,2	94,7	43,2	50,6	34,6

FONTE: SNIS (2010)

O índice brasileiro do esgoto coletado indica que menos da metade dos domicílios possuem um sistema de coleta e transporte de esgotos até o destino final.

Se o índice de tratamento de esgotos gerados no Brasil é de 34,6% (ver quadro 3.1), significa que os esgotos de quase dois terços da população não passam por nenhum tipo de tratamento, ou seja, são lançados diretamente nos corpos d'água.

Embora o esgoto provoque tantos problemas como poluição, contaminação biológica e o aparecimento de doenças, entre outros, seu tratamento inexiste na maior parte dos municípios brasileiros. O custo de instalação e manutenção é o maior empecilho à sua viabilização. Na prática, a rede coletora acaba sendo a solicitação mais freqüente da comunidade, por tirar o esgoto da portas das casas. O tratamento é sempre deixado para depois, não sendo considerado prioritário pelos

<sup>2</sup> Considera-se população total a soma da população urbana e rural.

municípios, que acabam destinando às outras obras os seus poucos recursos (AISSE, 2000).

Tal afirmação pode ser verificada na visualização espacial da distribuição dos níveis de atendimento do esgotamento sanitário (coleta e transporte) no Brasil (figura 3.1).

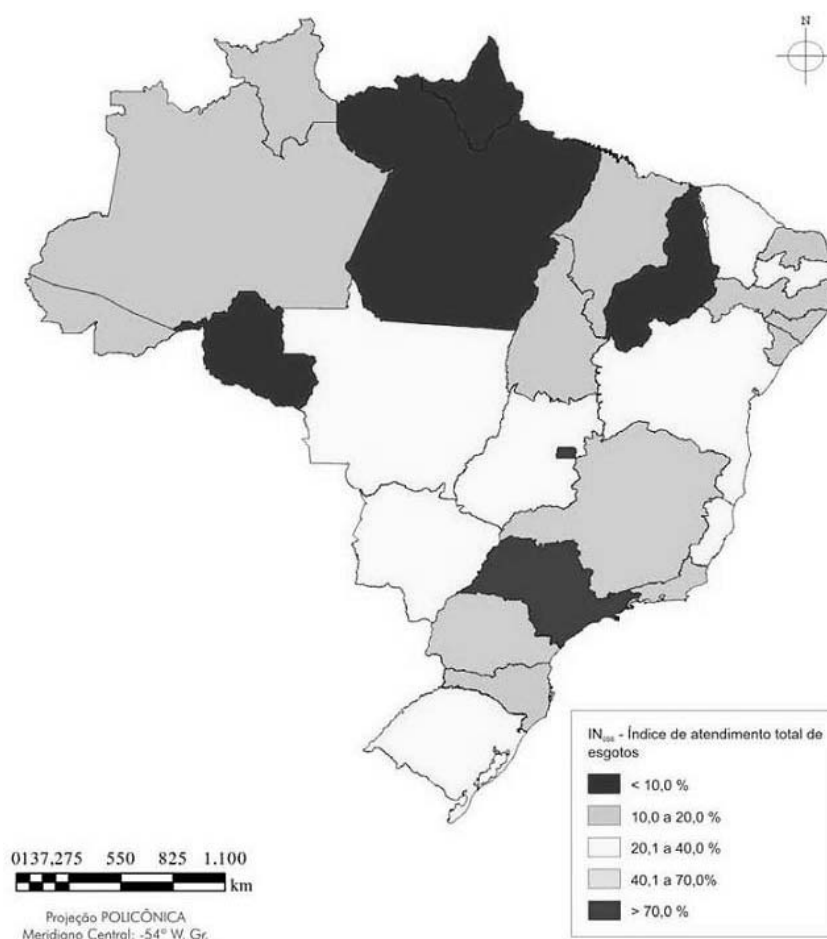


FIGURA 3.1 – VISUALIZAÇÃO ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO DOS NÍVEIS DE ATENDIMENTO DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO

FONTE: SNIS (2010)

Portanto, este volume de esgotos gerados e não coletados das residências dos grandes centros urbanos, podem, na maioria dos casos, se deslocarem a céu aberto até os córregos, causando doenças por onde passam. Outras partes, possivelmente, infiltram no solo e contaminam os mananciais subterrâneos.

O esgoto é veículo de agentes de cólera, das febres tifóides, paratífóides, salmonelas causadoras de gastroenterites, leptospiros, bacilos da tuberculose, enterovírus causadores da poliomielite, vírus de indivíduos doentes, ou que, embora sadios, sem portadores de germes (AISSE, 2000).

O lançamento indiscriminado dos esgotos nos corpos d'água, sem tratamento, pode causar vários inconvenientes, de maior ou menor importância, de acordo com os efeitos adversos que podem causar aos usos benéficos das águas (JORDÃO & PESSOA, 1995).

Isto posto, justificam-se os investimentos no setor com implantações de Sistemas de Esgotamento Sanitários no Brasil, como vem ocorrendo no PAC, visto que quase boa parte da população urbana não tem nenhum tipo de sistema adequado. Entretanto, é necessária a melhoria dos sistemas existentes com a implantação e ampliação das ETEs que atendam as exigências ambientais em vigor.

Segundo as considerações de Brudeki & Aisse (2007), o custo médio de implantação de SES (no Estado do Paraná), é de R\$ 525,23/hab. Portanto, os investimentos para “universalização” do esgoto no Brasil, considerando a demanda de esgotamento – ver os índices apresentados no diagnóstico do SNIS (2010) no quadro 3.1-, seriam aproximadamente 54,8 bilhões de reais, através da implantação de aproximadamente 268 mil km de rede coletora de esgoto.

Seguindo o raciocínio, para o tratamento o número de ETEs a serem implantadas também impressiona: dos 4.533 municípios analisados pelo SNIS apenas 976 possuem algum tipo de tratamento, ou seja, será preciso implantar pelo menos 3.557 ETEs, considerando apenas uma por município.

Anjos Júnior (2011) citou valores ainda mais expressivos para universalizar os serviços de saneamento no Brasil: 240 bilhões de reais, apontados pelo Programa de Modernização do Setor de Saneamento 2009 (PMSS, 2009) para serem investidos até o ano de 2020, sendo que a média brasileira no período de 2001 a 2007 foi de 4,1 bilhões de reais por ano – em valores atualizados para o ano de 2009.

Apesar de tudo, o valor total dos investimentos em 2008 superou o de 2007, correspondendo a um incremento de 32,7%. Tal crescimento sinaliza que as contratações referentes ao PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, do Governo Federal, começaram a aparecer nos números dos investimentos efetivamente realizados (SNIS, 2010).

Entretanto, no que se diz respeito ao gerenciamento de lodo do esgoto, a experiência brasileira ainda é pequena. Este material proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e alto custo, ponderam Andreoli

*et al.* (2001), que se for mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados destes sistemas.

O lodo é um assunto importante e o seu gerenciamento foi discutido na Agenda 21 sob o tema: “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com esgotos”, que sugere alguns pontos para a sua gestão para redução da produção, tratamento, disposição e reutilização.

## 3.2 DESCRIÇÃO E DEFINIÇÕES

### 3.2.1 Esgotos Sanitários

O esgoto é um subproduto do uso humano da água. Usualmente este é resultado do consumo de água para lavagem, cocção, diluição e carreamento de excretas. O uso humano da água gera, conseqüentemente, uma água alterada e de menor qualidade do que a obtida quando captada para o uso (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008).

É basicamente constituído de elevada percentagem de água, 99,9% e uma parcela mínima de impurezas adicionadas que lhe confere características bastante acentuadas, podendo sofrer variações na origem (AISSE, 2000).

São classificados como: (i) sanitário comum ou doméstico, proveniente da atividade doméstica (aparelhos sanitários, cozinhas, lavagem de roupa, etc), (ii) industrial, provenientes de processo industriais e (iii) pluvial, decorrente da coleta da precipitação atmosférica e da lavagem das ruas (AISSE, 2000).

O efluente gerado, se devolvido imediatamente para a origem, altera este ambiente drasticamente, contaminando e quase sempre, poluindo. Isto é, torna-se impossível a manutenção da biodiversidade conhecida naquele local, bem como o seu equilíbrio natural (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008).

### 3.2.2 Lodo dos Esgotos Sanitários

O termo lodo tem sido utilizado para designar os subprodutos sólidos do tratamento de esgoto. Nos processos biológicos de tratamento, parte da matéria orgânica é absorvida e convertida, fazendo parte da biomassa microbiana, denominada genericamente de lodo biológico ou secundário, composto principalmente de sólidos biológicos, e por esta razão também denominado de biossólido (ANDREOLI *et al.*, 2001).

Metcalf & Eddy (1991) e Andreoli *et al.* (2001) apresentam a origem e descrição dos principais subprodutos gerados no tratamento de esgoto:

**QUADRO 3.2 – ORIGEM E DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS SUBPRODUTOS GERADOS NO TRATAMENTO DE ESGOTO NÍVEIS**

<b>Subproduto Sólido</b>	<b>Origem</b>	<b>Descrição</b>
Lodo Primário	Tanque séptico e decantador primário.	Os sólidos removidos por sedimentação nos decantadores primários constituem o lodo primário. O lodo primário pode exalar um forte odor, principalmente se ficar retido um tempo elevado nos decantadores primários, em condições de elevada temperatura. O lodo primário removido em tanque séptico permanece um tempo elevado o suficiente para proporcionar sua digestão anaeróbia, em condições controladas (tanques fechados).
Lodo biológico aeróbio (não estabilizado)	Lodos ativados convencionais e reatores aeróbios com biofilmes de alta carga.	O lodo biológico excedente (lodo secundário) compreende a biomassa de microrganismos aeróbios gerados à custa da remoção da matéria orgânica (alimento) dos esgotos. Esta biomassa está em constante crescimento, em virtude da entrada contínua de matéria orgânica nos reatores biológicos. Para manter o sistema em equilíbrio, aproximadamente a mesma massa de sólidos biológicos gerada deve ser removida do sistema. Caso o tempo de permanência dos sólidos no sistema seja baixo e haja satisfatória disponibilidade de alimentos, os sólidos biológicos conterão maiores teores de matéria orgânica em sua composição celular. Estes sólidos não se encontraram estabilizados (digeridos), necessitando de uma etapa separadora, posterior de digestão.
Lodo biológico aeróbio (estabilizado)	Lodos ativados – aeração prolongada e reatores anaeróbios com biofilmes – baixa carga.	Este lodo biológico é também predominante constituído por microrganismos aeróbios que crescem e se multiplicam à custa da matéria orgânica dos esgotos brutos. No entanto, nos sistemas de baixa carga, a disponibilidade de alimento é menor, e a biomassa fica retida mais tempo no sistema, predominando assim as condições de respiração endógenas. Em decorrência, a biomassa utiliza as próprias reservas de matéria orgânica de composição do protoplasma celular, resultando em um lodo com menor teor de matéria orgânica (lodo digerido) maior teor de sólidos inorgânicos. Este lodo não requer uma etapa de digestão posterior.
Lodo biológico anaeróbio (estabilizado)	Lagoas de estabilização e Reatores anaeróbios.	Nos reatores anaeróbios e no lodo de fundo de lagoas de estabilização predominam condições anaeróbias. A biomassa anaeróbia também cresce e se multiplica à custa de matéria orgânica. Nestes processos de tratamento, usualmente a biomassa fica retida ao longo do tempo, no qual ocorre a digestão anaeróbia do próprio material celular. Nas lagoas de estabilização, o lodo é constituído ainda de sólidos do esgoto bruto sedimentados, bem como de algas mortas. Este lodo não requer uma etapa de digestão posterior.
Lodo químico	Decantador primário (precipitação química) e lodos ativados (precipitação química de fósforo).	Este lodo é usualmente resultante da precipitação química com sais metálicos ou com cal. A preocupação com odores é menor que com o lodo primário, embora estes possam ocorrer (somente no caso de uso de cal como coagulante). A taxa de decomposição do lodo químico nos tanques é menor que a do lodo primário.

FONTE: Metcalf & Eddy (1991) adaptado por Andreoli *et al.* (2001)

### 3.2.3 Sistemas de Esgotos

Tsutiya & Além Sobrinho (1999) classificam os sistemas de esgotos urbanos em três tipos:

- Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado, em que águas residuárias, águas de infiltrações e águas pluviais veiculam por um único sistema;
- Sistema de esgotamento separador parcial, em que uma parcela das águas de chuva, provenientes de telhados e calçadas são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e infiltração para um único sistema de coleta e transporte; e,
- Sistema separador absoluto, em que as águas residuárias e as águas de infiltração, que constituem o esgoto sanitário, veiculam por um sistema independente, denominado Sistema de Esgotamento Sanitário – SES.

Tsutiya & Além Sobrinho (1999) ainda definem que a concepção de um sistema de esgoto sanitário, por um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar.

Entende-se que a concepção de um sistema, também pode variar de acordo com os estudos realizados, ou seja, existem para um sistema de esgotamento inúmeras possibilidades de transporte, utilizando-se dos diversos elementos conforme a melhor alternativa e situação local. A seguir é apresentada a figura 2 que mostra um exemplo de um Sistema de Esgotamento Sanitários e seus elementos.

### 3.2.4 Coleta e Transporte de Esgoto

A nomenclatura dos elementos que compõem a coleta e transporte (redes coletoras de esgoto, dos coletores troncos, dos interceptores, das estações elevatórias de esgoto, das linhas de recalque, das caixas de reuniões de esgoto, dos condutos forçados e dos emissários) pode sofrer alguma variação, de acordo com localidade e prestadora de serviço.

Para o transporte do esgoto serão considerados os elementos das redes coletoras de esgoto, dos coletores troncos, dos interceptores, das estações elevatórias de esgoto, das linhas de recalque, das caixas de reuniões de esgoto, dos condutos forçados e dos emissários.



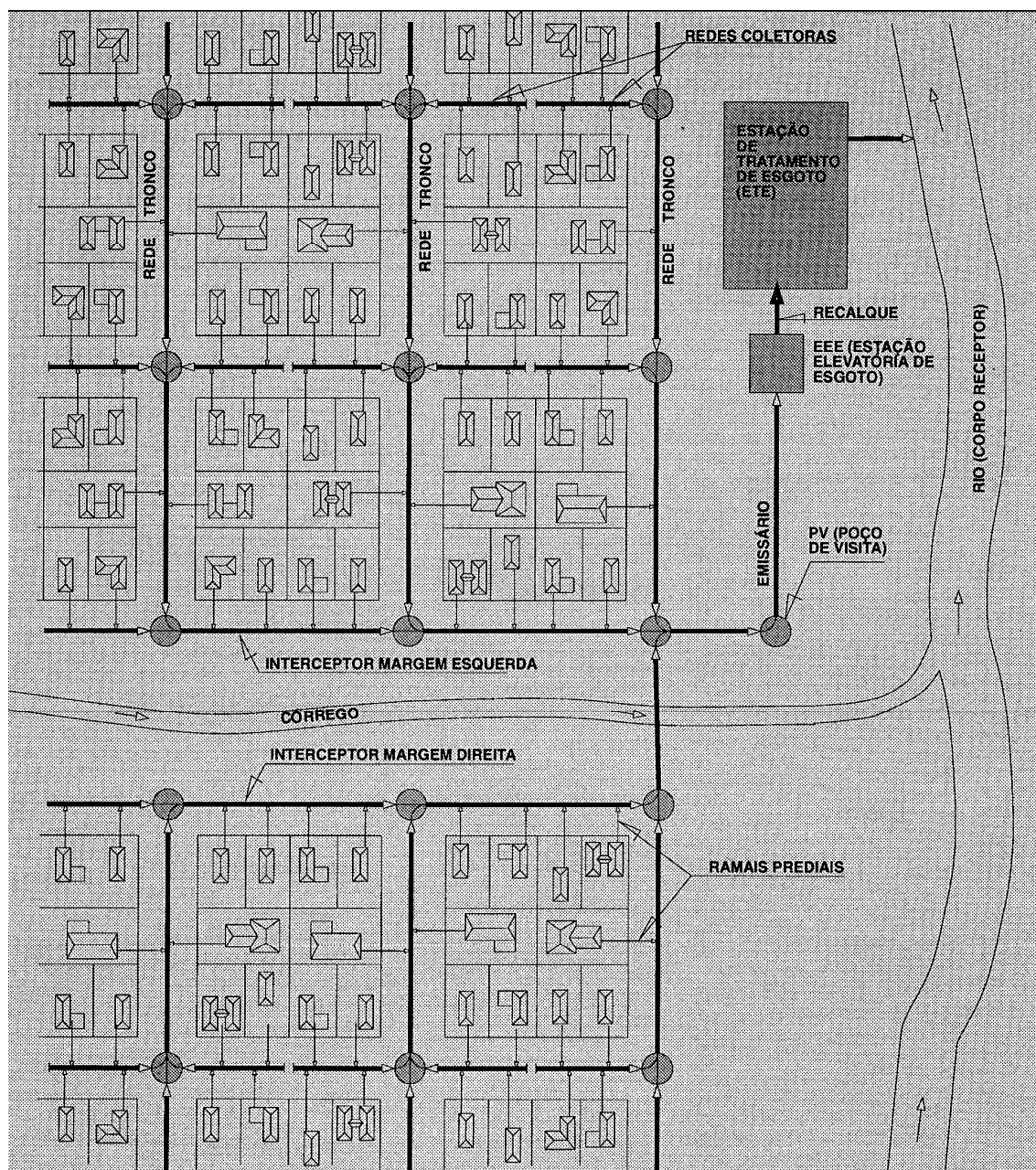


FIGURA 3.2 – SISTEMA CONVENCIONAL DE COLETA DE ESGOTOS  
SANITÁRIOS

FONTE: Citado em Aisse (2000)

Para efeito de custos, considerou-se o transporte do esgoto a partir da ligação domiciliar. A seguir é apresentado os conceitos dos elementos de transporte, de acordo com Tsutiya & Além Sobrinho (1999):

- Redes coletoras: é um conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios, o sistema de esgoto predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial. A rede coletora é composta de coletores secundários, que recebem

diretamente as ligações prediais, e, coletor tronco. Ainda pode-se dizer, baseado na NBR 9649 - Projeto de Redes de Esgoto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986), que as redes coletoras possuem DN de 100 mm – apesar da maioria das companhias de saneamento adotarem corriqueiramente o DN mínimo de 150 mm por motivos operacionais;

- Coletor tronco: é coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzidos seus efluentes a um interceptor ou emissário. Também pode-se dizer que o coletor tronco possui diâmetros maiores (a partir do DN 250 mm), pois, transporta com uma carga maior de esgoto e pode receber ligações domiciliares, se o coletor tronco não for superior ao diâmetro nominal de 350 mm. Pois, a partir deste diâmetro seria mais econômico utilizar-se de uma rede auxiliar, paralela ao coletor para conduzir o esgoto;
- Interceptor: canalizações que recebem os coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas. Também pode-se dizer que sua principal característica é o afastamento do esgoto;
- Emissário: canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento), sem receber contribuições em marcha. Transporta o esgoto tratado, normalmente como um conduto forçado, até o corpo receptor;
- Estação elevatória: conjunto de instalações destinadas a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para outra mais alta, vencendo a altura manométrica<sup>3</sup> do trecho recalcado. Faz o recalque do esgoto de um ponto baixo de concentração para um ponto elevado (poço de visita – ver figura 3.3) logo após o limite da sub-bacia. As elevatórias mais usuais as com bombas submersíveis (ver figura 3.4);
- Linha de recalque: pode ser considerada como parte da estação elevatória – ligada diretamente ao conjunto de bombas, após o barrilete da estação

---

<sup>3</sup> A altura manométrica é a soma do desnível geométrico (a cota mínima no nível do esgoto no poço sucção e a cota de chegada da linha de recalque) e a perda de carga das peças, desde o conjunto bomba, barrilheite, linha de recalque e dispositivos de proteção da linha.

elevatória. Funcionam como condutos forçados com DN inferiores aos condutos livre. Pode apresentar vários dispositivos, tais como as válvulas de descarga e ventosas – os mais comuns –, para equilibrar a pressões positivas e negativas que agem no tubo.

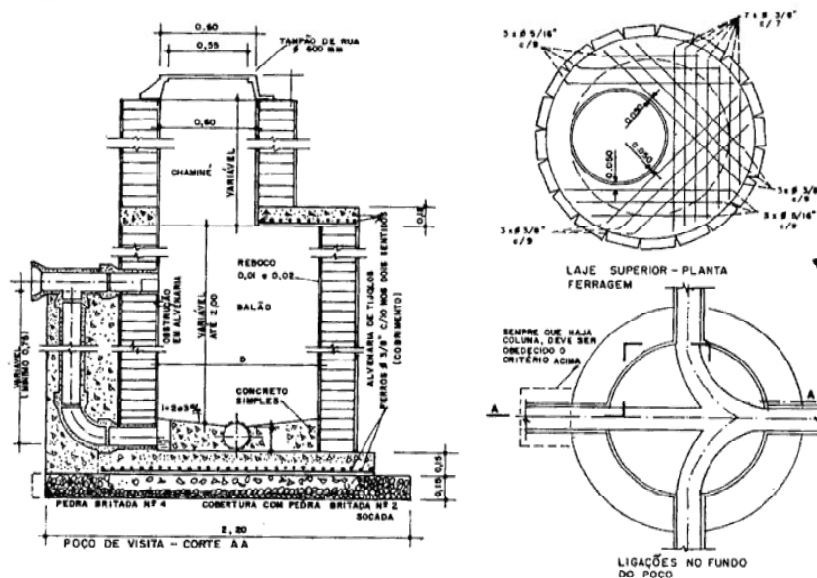


FIGURA 3.3 – POÇO DE VISITA EM ALVENARIA COM TUBO DE QUEDA

FONTE: Tsutiya & Além Sobrinho (1999)

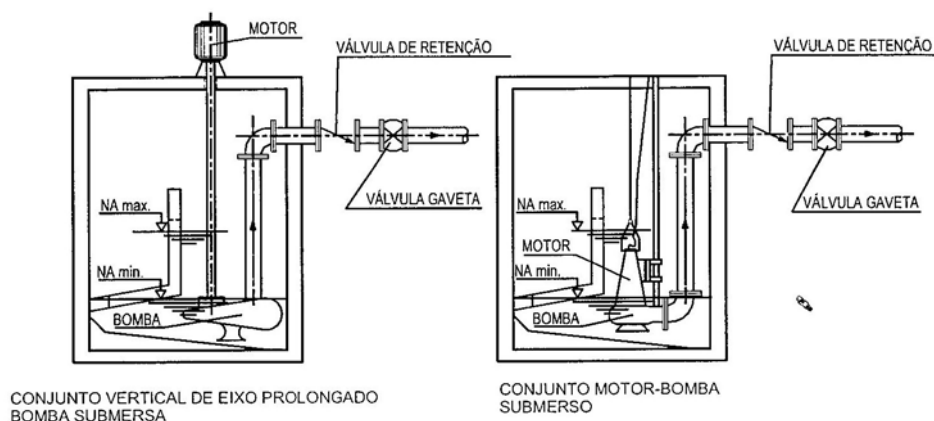


FIGURA 3.4 – CORTE ESQUEMÁTICO DE ELEVATÓRIAS CONVENCIONAIS DE POÇO ÚMIDO

FONTE: Tsutiya & Além Sobrinho (1999)

É importante destacar que as condições topológicas do município formam fator preponderante para os custos do transporte do esgoto. Tsutiya & Além Sobrinho (1999) reforçam que o traçado da rede de esgotos está estreitamente relacionado à topografia da cidade, uma vez que o escoamento se processa segundo o caimento do terreno.

Desta forma, os custos de uma mesma extensão de rede coletora, por exemplo, podem variar de uma cidade para outra, no que diz respeito à coleta e transporte. Assim, pode-se afirmar que se uma cidade possui uma única sub-bacia com uma declividade favorável e outra que possui várias sub-bacias, o custo de implantação daquela, bem como o de operação, será menor que desta.

Um exemplo claro de topografia desfavorável para coleta e transporte do esgoto são as cidades que possuem uma topografia muito plana, tais como as cidades litorâneas – suas redes acabam resultando num aprofundamento constante para garantir a tensão trativa mínima do arraste dos sólidos.

A seguir é apresentado um quadro com os tipos de escoramentos comuns utilizados como parâmetro de projeto e obra. Quanto mais profunda a rede se encontra, mais caro será o escoramento para a sua execução.

**QUADRO 3.3 – TIPO DE ESCORAMENTO POR PROFUNDIDADE DE ESCAVAÇÃO**

<b>Profundidade (m)</b>	<b>Tipo de Escoramento</b>
Até 1,50	Sem escoramento
1,50 – 1,70	Pontalete
1,70 – 2,30	Descontínuo
2,30 – 3,00	Contínuo
3,00 – 4,00	Especial
4,00 – 10,00	Metálico e Madeira

FONTE: SES de Porto Velho – HagaplanCobrape (2008).

Cobrape *et al.* (2009) considerando os dados de projetos existentes realizou uma distribuição dos diâmetros pela capacidade de escoamento por gravidade (Quadro 3.4), obedecendo o limite de vazão da tubulação descrita para a inclinação de  $i=0,04\%$ .

Com essa composição e de posse da população final da área de esgotamento é possível estabelecer o número de metros de tubo de cada diâmetro e o orçamento para coletores, interceptores e emissários.

Segundo Tsutiya & Além Sobrinho (1999), no transporte do esgoto doméstico também se utiliza redes duplas, principalmente quando se encontra a seguinte situação:

- Vias com tráfego intenso;

- Vias com larguras entre os alinhamentos dos lotes for igual ou superior a 14 m para ruas asfaltadas, ou 18 m para ruas de terra;
- Via com interferências que impossibilitem o assentamento do coletor na rua, ou que não permitam a ligação predial;
- Nos coletores com DN superiores a 400 mm, que necessitem de coleta, utilizando-se neste caso de uma rede paralela auxiliar; e,
- Nos coletores com aprofundamento superior a 4,00 m, que necessitem de coleta, também utilizando-se neste caso de uma rede paralela auxiliar.

**QUADRO 3.4 – DISTRIBUIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DIAMETRAL DA REDE DE TRANSPORTE DE EFLUENTES PARA CADA FAIXA DE POPULAÇÃO**

População	Diâmetros Nominais (mm)						
	150	200	250	350	500	800	1000
1 - 5.000	100%						
5.001 - 10.000	80,00%	20,00%					
10.001 - 20.000	72,73%	18,18%	9,09%				
20.001 - 50.000	69,57%	17,39%	8,70%	4,35%			
50.001 - 100.000	68,09%	17,02%	8,51%	4,26%	2,13%		
100.001 - 200.000	67,37%	16,84%	8,42%	4,21%	2,11%	1,05%	
200.001 - 500.000	67,02%	16,75%	8,38%	4,19%	2,09%	1,05%	0,52%

FONTE: COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE (2008)

Quando não houver nenhuma das condições citadas anteriormente, pode-se utilizar da rede simples, localizada no terço da via que possuir mais economias a esgotar.

Ainda no que se diz respeito a redes coletoras, em algumas situações pode ser utilizado o conceito de redes condominiais. A solução é parecida aos ramais de esgoto predial, sendo que no lugar dos apartamentos encontram-se os lotes e casas.

A vantagem deste sistema é permitir o esgotamento das economias com soleiras negativas, aonde convencionalmente a rede seria aprofundada para atingir a coleta. Também pode ser denominada como condominial a rede aonde não há

acesso público para a concessionária operar e fazer a manutenção da rede. Nestes casos é necessário que condôminos façam a manutenção da rede.

### **3.2.5 Tratamento de Esgoto**

Segundo von Sperling (1996) os métodos de tratamento dividem-se em operações e processos unitários, conceituando:

- Operações Físicas Unitárias: método de tratamento no qual predomina a aplicação de forças físicas (gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação e filtração);
- Processos Biológicos Unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica (remoção de matéria orgânica carbonácea e desnitrificação); e,
- Processos Químicos Unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas (precipitação, adsorção e desinfecção).

As metodologias de tratamento de esgoto podem ser separadas em processos físico-químicos e processos biológicos. Os processos biológicos também podem ser subdivididos em tratamentos anaeróbios e tratamentos aeróbios. Os processos físico-químicos são menos aplicados em função de custo e eficiência na remoção da matéria orgânica, porém, nos tratamentos terciários podem ser aplicados para a remoção de um contaminante específico (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008).

Todos os sistemas de tratamento geram resíduos sólidos na forma de lodo – será abordado a seguir – e gases que devem ser dispostos de forma adequada para evitar que o tratamento, que significa a transformação da carga poluente na água em uma substância capaz de ser corretamente disposta, não cause outros impactos em sua disposição final.

O tratamento preliminar, de ordem física, destina-se principalmente à remoção de sólidos grosseiros e areia. O tratamento primário, também de ordem física, tem por finalidade à remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. O tratamento secundário, de ordem biológica, apresenta como principal característica a remoção de carga orgânica dissolvida (DBO solúvel) e em

suspensão (DBO suspensa ou particulada). E por fim, o tratamento terciário, de ordem biológica e química, objetiva-se a remoção de patogênicos, nitrogênio e fósforo, conforme embasa a figura 3.5 do Fluxograma típico de uma ETE completa a seguir:

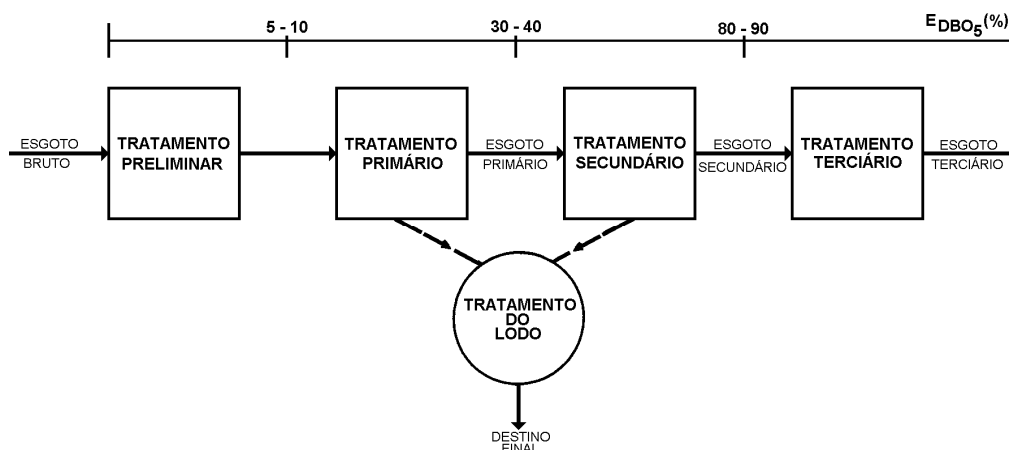


FIGURA 3.5 – FLUXOGRAMA TÍPICO DE UMA ETE COMPLETA

FONTE: Aisse (2000)

Segundo von Sperling (1996) os principais sistemas de tratamento de esgoto a nível secundário são:

- Lagoas de Estabilização (lagoa facultativa, lagoa anaeróbica, lagoa aerada facultativa e lagoa aerada de mistura completa);
- Lodos Ativados (lodos ativados convencional, lodos ativados por aeração prolongada e lodos ativados de fluxo intermitente);
- Sistemas Aeróbio com Biofilmes (filtro de baixa carga, filtro de alta carga e biodisco);
- Sistemas Anaeróbio (reator anaeróbio de manta de lodo e filtro anaeróbio);
- e,
- Disposição no Solo (infiltração lenta, infiltração rápida, infiltração sub-superficial e escoamento superficial).

Os tratamentos de esgoto do tipo: lagoas de estabilização, lodos ativados e sistemas anaeróbios, são processos utilizados no Brasil. A seguir, para melhor entendimento, na figura 3.6 é apresentado um corte esquemático do Reator Anaeróbio de Manta de Lodo – UASB, para exemplificar.

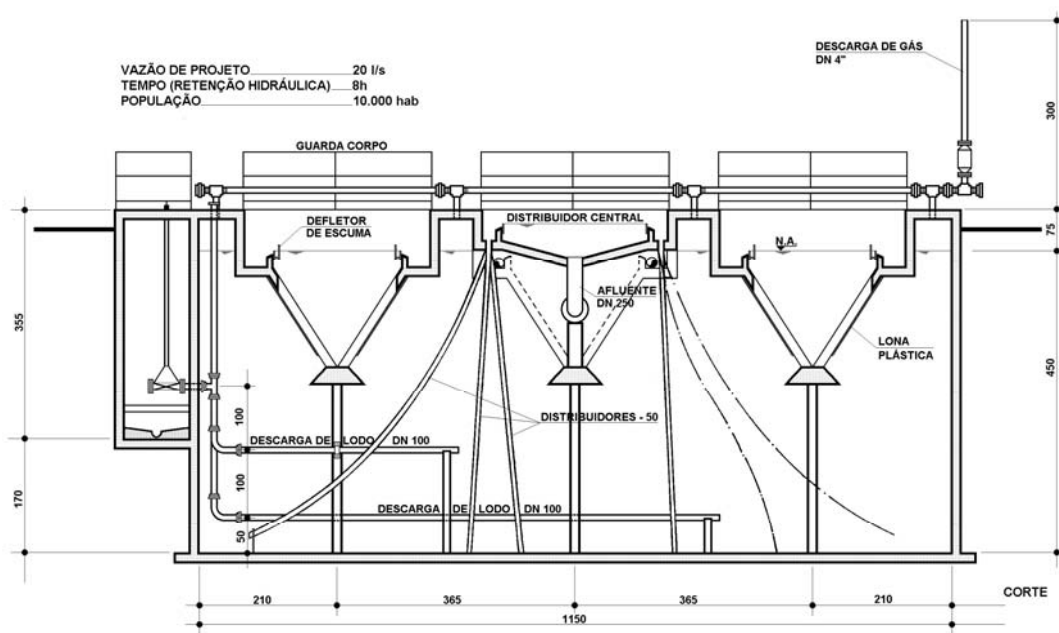


FIGURA 3.6 – CORTE ESQUEMÁTICO REATOR UASB

FONTE: Aisse (2000) citando a Sanepar

Reator Anaeróbio de Manta de Lodo – UASB é uma unidade de fluxo ascendente, que possibilita o transporte das águas residuárias através de uma região que apresenta elevada concentração de microrganismos anaeróbios na forma de lodo biológico. As suas características hidráulicas do escoamento favorecem fatores físicos e bioquímicos que estimulam a floculação e a granulação. Na parte superior do reator existe um dispositivo destinado à sedimentação de sólidos e à separação das fases sólido - líquido - gasoso. Esse dispositivo contribui o retorno do lodo e conseqüentemente, pela garantia do alto tempo de detenção celular do processo. Forma grandes quantidades de lodo (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008).

Os reatores do tipo RALF representam um desenvolvimento da tecnologia dos reatores de manta de lodo (reator tipo UASB), conduzido pela Sanepar, a partir da década de 80. Em geral, apresentam o formato tronco cônico em perfil e a forma circular em planta. Nas versões mais recentes apresentam um distribuidor de vazão circular, para as várias tubulações que conduzem o efluente ao fundo do reator, e o separador de fases (decantador interno), em seu topo.

Andreoli *et al.* (2001) apresentaram nas figuras 3.7 a 3.10 os fluxogramas esquemáticos por sistemas de tratamento (lagoas de estabilização, reator UASB com pós tratamento, reatores anaeróbios com filtro biológico e lodos ativados) e



seus tipos de cada sistema desde a entrada da ETE até a destinação final do efluente no corpo receptor.

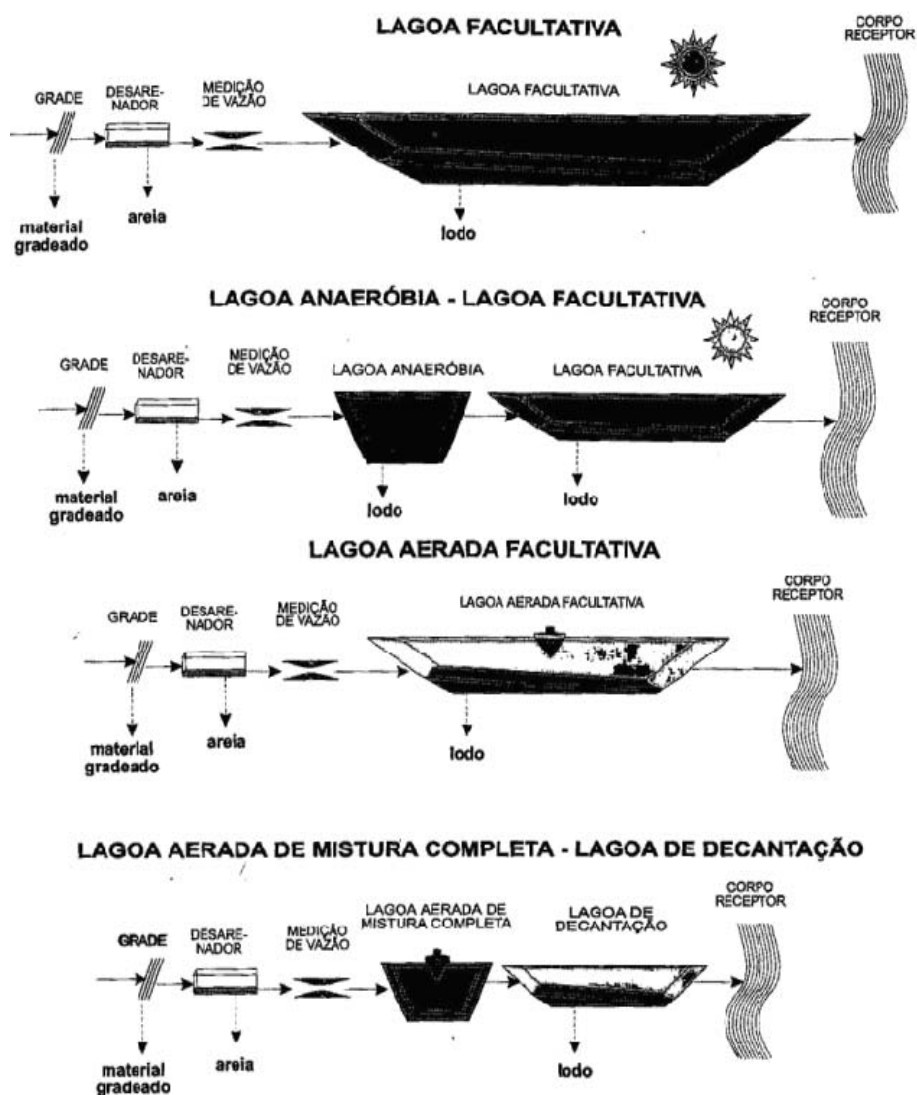


FIGURA 3.7 – LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

FONTE: Andreoli *et al.* (2001), citando von Sperling

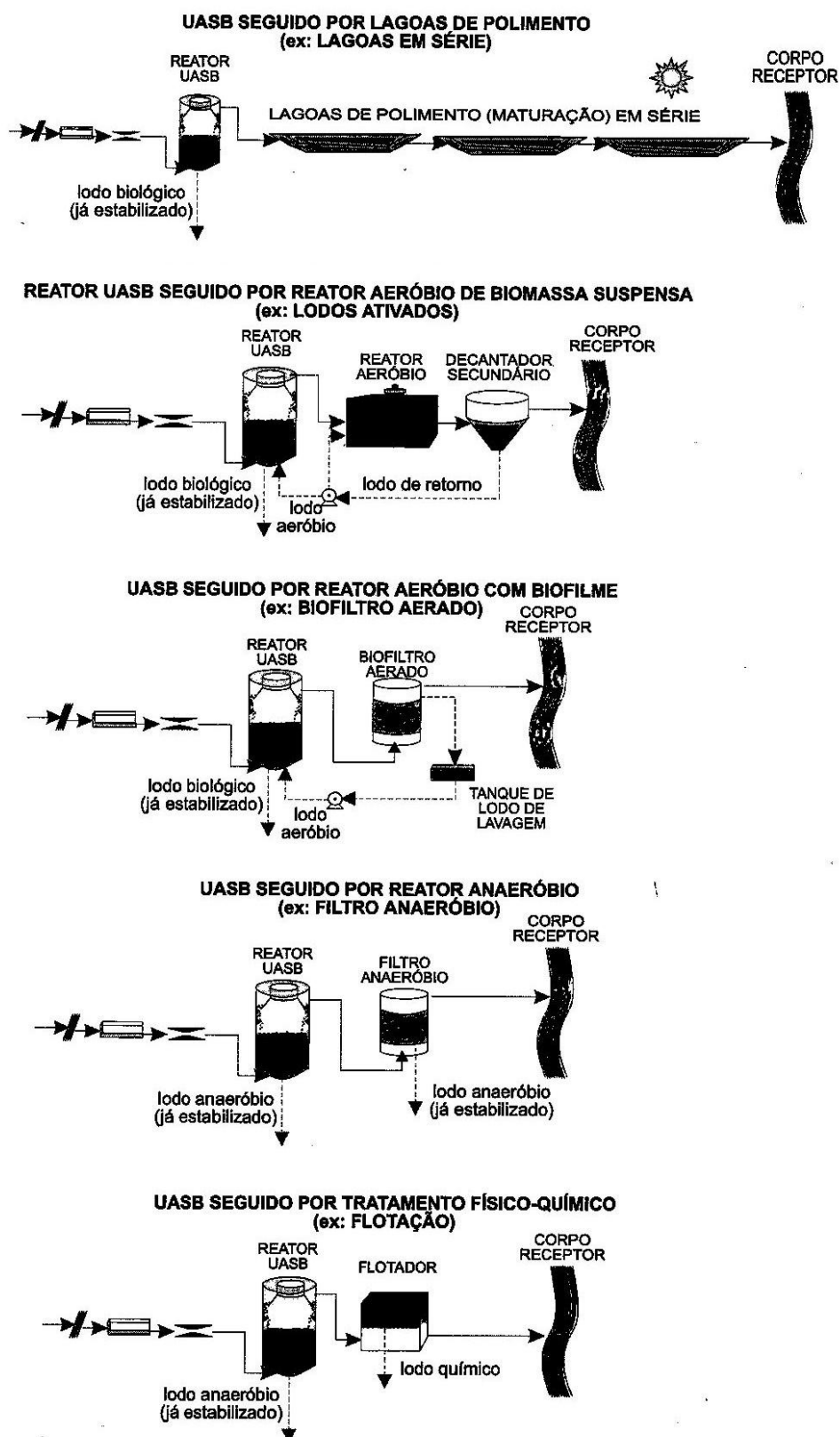


FIGURA 3.8 – REATORES UASB COM PÓS TRATAMENTO

FONTE: Andreoli *et al.* (2001), citando von Sperling

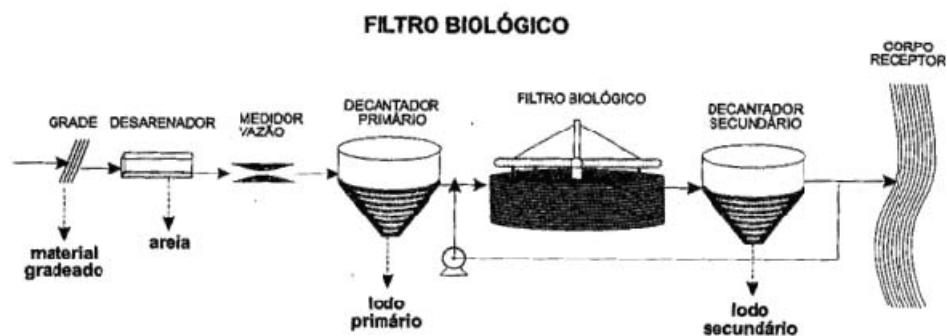


FIGURA 3.9 – REATORES ANAERÓBIOS COM FILTRO BIOLÓGICO

FONTE: Andreoli *et al.* (2001), citando von Sperling

Na figura 3.10, os lodos ativados, convencional e de aeração prolongada, também podem apresentar no fluxograma um digestor na saída do lodo secundário.

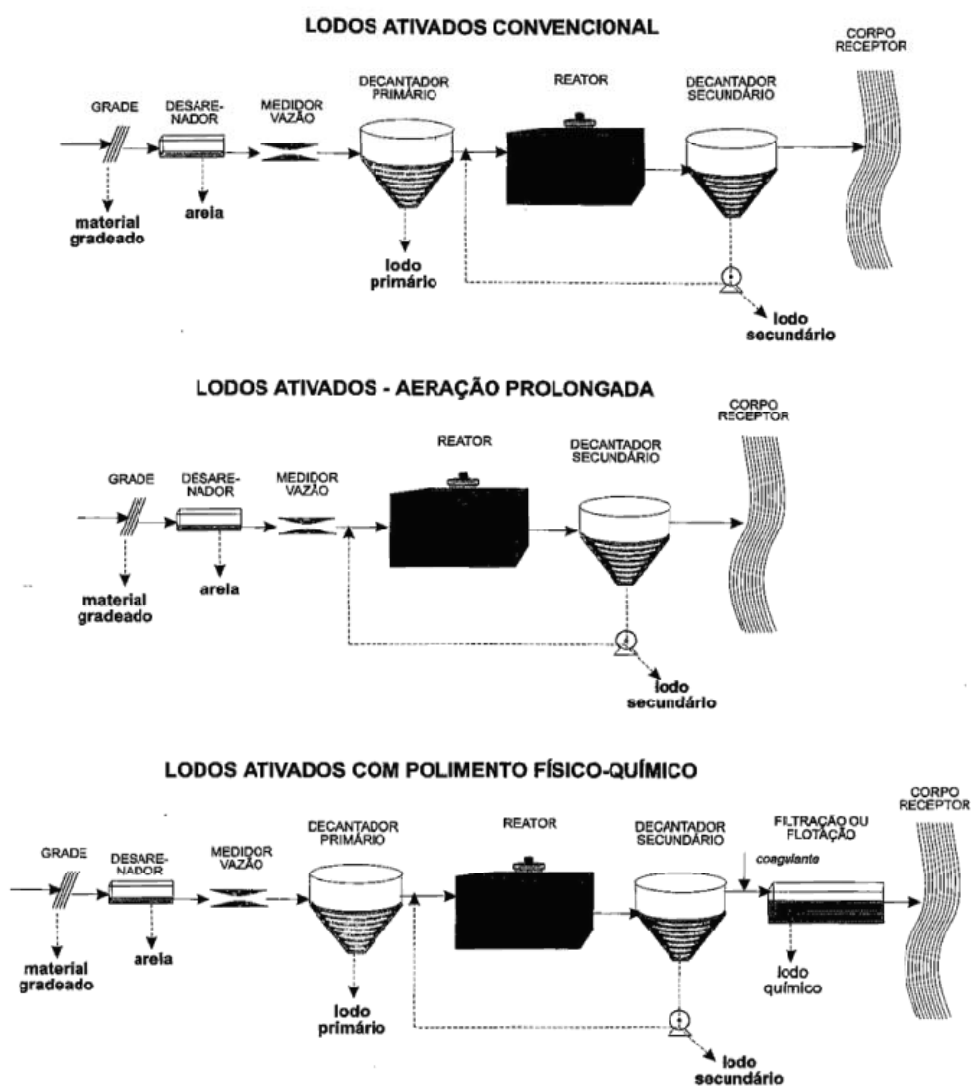


FIGURA 3.10 – LODOS ATIVADOS

FONTE: Andreoli *et al.* (2001), citando von Sperling

### 3.2.6 Tratamento do Lodo de Esgoto

Atualmente, as políticas ambientais vêm num viés crescente no Brasil, a tal ponto que as discussões de saneamento incluem obrigatoriamente o tratamento do lodo de esgoto. Algum tempo atrás, embora o lodo ainda fosse citado, dificilmente se encontrava num projeto detalhado de ETE a solução completa para este resíduo.

O volume de lodo tratado numa ETE representa cerca de 1 a 2% do volume de esgoto tratado, entretanto o tratamento e disposição final do lodo podem chegar a atingir entre 30 e 60% do custo operacional da ETE (ANDREOLI *et al.*, 1999).

A estimativa da produção de lodo do sistema de tratamento de esgoto pode ser calculada através das características do lodo, apresentados no quadro 3.5, por sistema de tratamento:

QUADRO 3.5 – CARACTERÍSTICAS E QUANTIDADE DO LODO PRODUZIDO PELOS PRINCIPAIS SISTEMAS

Sistemas	kg SS/kg DQO aplicada	Teor de Sólidos Secos (%)
Lagoa facultativa	0,12 – 0,32	5 – 15
Lagoa anaeróbia - facultativa	0,26 – 0,55	11 – 16
Lagoa aerada – facultativa	0,08 – 0,13	6 – 10
Lagoa aerada mistura completa + lagoa de decantação	0,11 – 0,13	5 – 8
Tanque séptico + filtro anaeróbio	0,27 – 0,39	1,4 – 5,4
Lodos ativados convencional	0,60 – 0,80	1 – 2
Lodos ativados – aeração prolongada	0,50 – 0,55	0,8 – 1,2
Filtro biológico de alta carga	0,55 – 0,75	1,5 – 4,0
Biofiltro aerado submerso	0,60 – 0,80	1 – 2
Reator UASB	0,12 – 0,18	3 – 6
UASB + pós tratamento aeróbio	0,20 – 0,32	3 - 4

FONTE: Andreoli *et al.* (2001) e Aisse (2000), adaptados.

Como pode se observar no quadro 3.5 a quantidade de produção de lodo varia de acordo com o sistema de tratamento.

Os principais processos utilizados do tratamento do lodo, por etapa, segundo Andreoli *et al.* (2001), descritas na ordem em que ocorrem são:

- Adensamento: remoção de umidade (redução do volume), através de adensamento por gravidade, flotação, centrífuga e filtro prensa;
- Estabilização: remoção da matéria orgânica (redução dos sólidos voláteis), através de digestão anaeróbia, digestão aeróbia, tratamento térmico e estabilização química;
- Condicionamento: preparação para a desidratação (principalmente mecânica), através de condicionamento químico e condicionamento térmico;
- Desaguamento: remoção de umidade (redução de volume), através de leitos de secagem, lagoas de lodo, filtro prensa, centrífuga, filtro prensa de esteiras, filtro a vácuo e secagem térmica;
- Higienização: remoção de organismos patogênicos, através de adição de cal, tratamento térmico, compostagem, oxidação úmida e outros (radiação gama e solarização); e,
- Disposição final: destinação final dos subprodutos, através de reciclagem agrícola, recuperação de áreas degradadas, *landfarming* (disposição no solo), uso não agrícola (fabricação de lajotas, combustível, etc), incineração, oxidação úmida e aterro sanitário.

A seguir na figura 3.11 é apresentado um modelo de tratamento de lodo esquemático que os pré-projetos serão desenvolvidos.

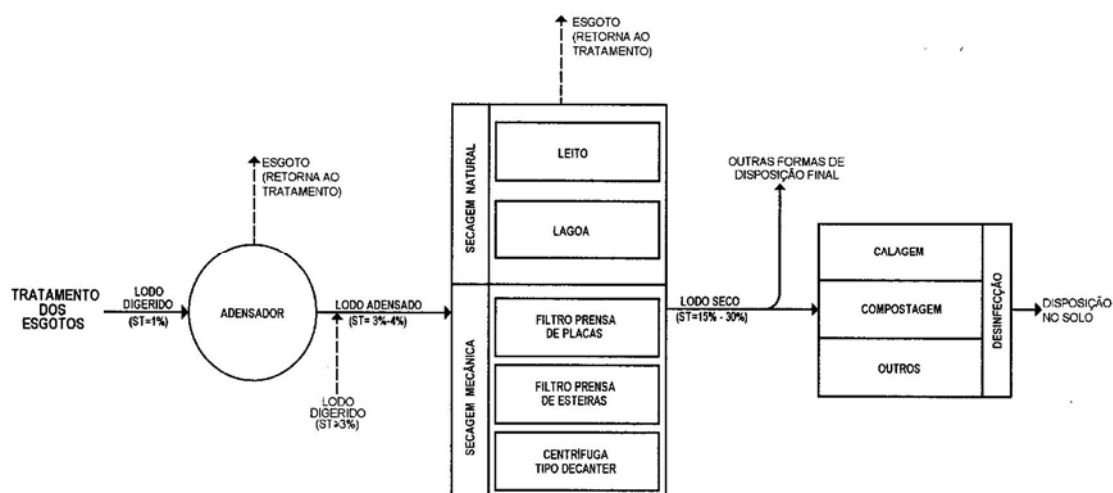


FIGURA 3.11 – TRATAMENTO DE LODO ESQUEMÁTICO

FONTE: Aisse (2000)

A seguir é apresentado um fluxograma para o tratamento mais completo do lodo (figura 3.12), incluindo todas as etapas e processos, proposto por Metcalf & Eddy (2003).

A estabilização de lodos de esgoto envolve processos físicos, químicos e biológicos. O lodo bruto proveniente do processo de tratamento primário da ETE é obtido por sedimentação ou flotação. Possui coloração acinzentada, é pegajoso, de odor ofensivo e facilmente fermentável. O lodo digerido é aquele que sofreu processo de estabilização biológica obtida por biodigestores anaeróbios ou aeróbios, com redução de SSV superior a 40%, de cor marrom escura, não possui odor ofensivo (ANDREOLI *et al.*, 1999).

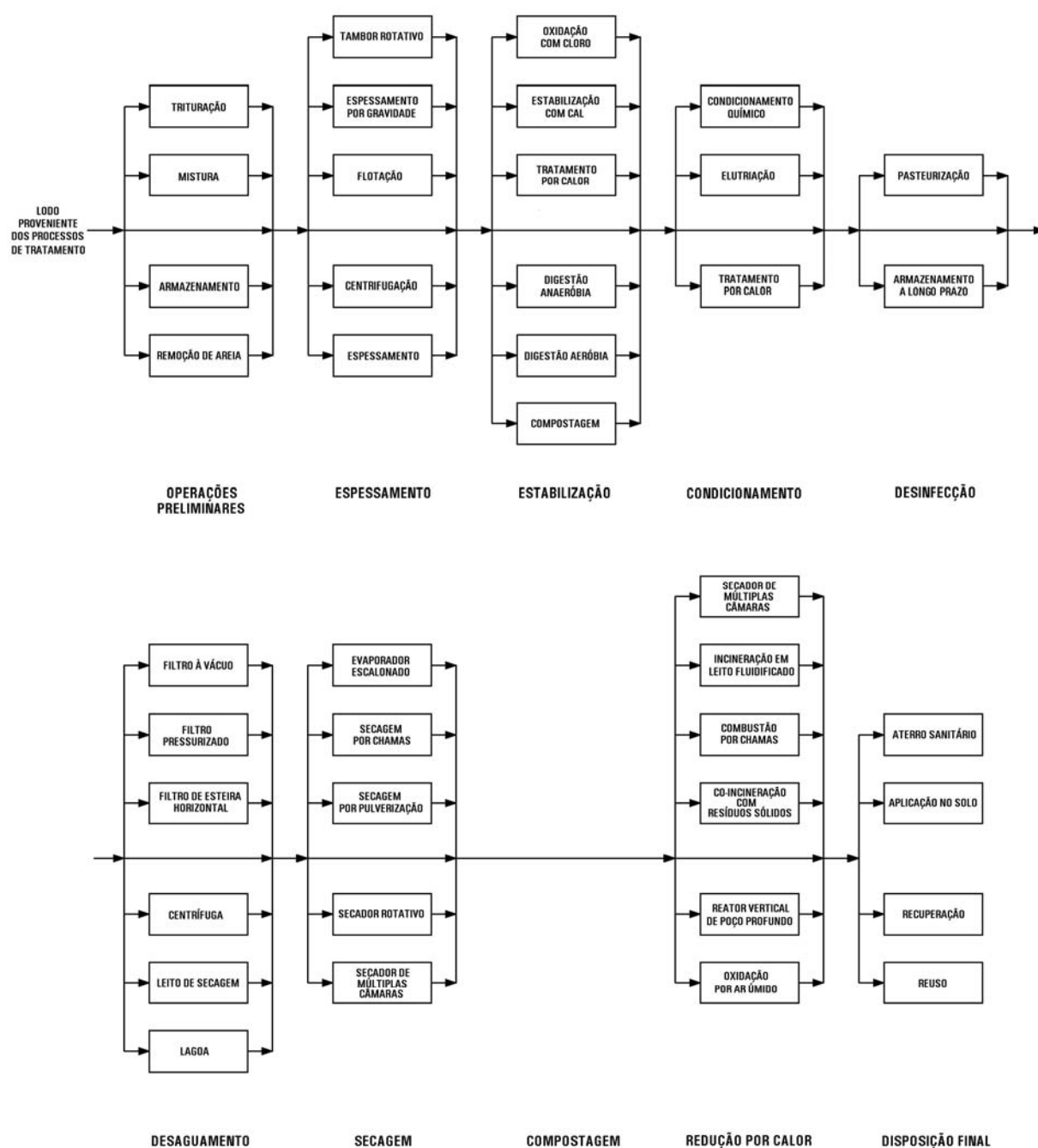


FIGURA 3.12 – FLUXOGRAMA PARA O TRATAMENTO COMPLETO DO LODO

FONTE: Metcalf & Eddy (1991)<sup>4</sup>

O adensamento do lodo produzido pelos sistemas de tratamento, conforme citado no quadro 3.5, consiste no aumento da concentração de sólidos, através da remoção parcial da água, visando principalmente a redução do volume do lodo. As alternativas mais usuais para o adensamento são por gravidade e flotação.

<sup>4</sup> A figura Fluxograma para o Tratamento Completo do Lodo da versão do Metcalf & Eddy de 1991 é mais completa à versão de 2003.

O adensamento por gravidade é constituído de tanque em estrutura de concreto armado ou metálica. O lodo sedimentado e adensado é removido através de raspadores, sendo que o líquido sobrenadante retorna ao tratamento primário da ETE (JORDÃO & PESSOA, 1995). Para o dimensionamento desta estrutura utiliza-se de taxas de aplicação, conforme quadro 3.6.

QUADRO 3.6 – TAXA DE APLICAÇÃO DE SÓLIDOS PARA DIMENSIONAMENTO DE ADENSADORES POR GRAVIDADE

Origem e Tipo do Lodo		Faixas de Valores (kgST/m <sup>2</sup> .dia) (1) (2) (3)	Valores Máximos (kgST/m <sup>2</sup> .dia) (4)
Primário		90 – 150	150
Lodo Ativado	Convencional	20 – 30	30
	Aeração Prolongada	25 – 40	-
Filtro Biológico		35 – 50	50
Lodo Misto	Primário + lodo ativado	25 – 80	50
	Primário + lodo biológico	-	60

FONTE: Citado em Andreoli *et al.* (2001), sendo: (1) WEF/ ASCE (1992); (2) Jordão e Pessoa (1995); (3) Qasim (1985); (4) NB-570 (ABNT, 1989)

O adensamento por unidade de flotação por ar dissolvido é constituído pela separação líquido-sólido através de ar difuso, promovido pela injeção de bolhas de ar, na massa líquida, que se deseja separar e adensar os sólidos em suspensão. As bolhas de ar aderem às partículas sólidas diminuindo a densidade necessária para promover o arraste ou flutuação, até a superfície da massa líquida, onde as partículas serão removidas por raspadores (JORDÃO & PESSOA, 1995). Para o dimensionamento desta estrutura utiliza-se de taxas de aplicação, conforme apresenta-se no quadro 3.7.



QUADRO 3.7 – TAXA DE APLICAÇÃO DE SÓLIDOS PARA DIMENSIONAMENTO DE ADENSADORES POR FLOTAÇÃO

Origem do Lodo	Sem Adição de produtos Químicos (kgST/m <sup>2</sup> .dia)	Com Adição de produtos Químicos (kgST/m <sup>2</sup> .dia)
Lodo Primário	100 – 150	≤ 300
Lodo Ativado	50	≤ 220
Lodo de Filtro de Biológico Percolador	70 - 100	≤ 270
Lodo Misto (Primário + lodo ativado)	70 - 150	≤ 270
Lodo Misto (Primário + lodo biológico)	100 - 150	≤ 300

FONTE: Citado em Andreoli *et al.* (2001) e Metcalf e Eddy (1991)

O sistema de secagem do lodo está condicionado em função à disposição final. O objetivo principal deste processo é a retirada de água para diminuir os custos de transporte, ou seja, quanto maior teor de água presente no lodo maior será o custo de transporte (ANDREOLI *et al.*, 1999).

Os processos de secagem podem ser naturais ou mecânicos. No sistema natural, os mais comuns são os leitos de secagem, resultando em um teor de sólidos de 40% ou até mais, quando deve ser retirado do leito para não a remoção posterior. O sistema se acontece através de caixas com um sistema de drenagem, sobre camadas de britas areia, onde o lodo combinado com a ação de percolação e evaporação natural (ANDREOLI *et al.*, 1999).

No sistema mecânico pode-se citar a centrifuga, resultando um teor de sólidos de acima de 20%, através da sedimentação dos sólidos, incrementada pelo aumento da força centrípeta, provocada pelo alto movimento de rotação. E também, o filtro prensa resultando um teor de sólidos de 35 a 45%, através de placas filtrantes que são comprimidas hidraulicamente, forçando a saída da água (ANDREOLI *et al.*, 1999).

A higienização do lodo pode ser feita através da calagem. O objetivo principal da calagem é a desinfecção e consiste na mistura da cal virgem (de construção) ao lodo em proporções que variam de 30 a 50% do peso seco do lodo, desencadeando três fatores que agem no processo de desinfecção, segundo Andreoli *et al.* (1999):

- Alteração da temperatura (cal em contato com a água contida do lodo resulta numa reação exotérmica, ou seja, gera calor);

- Mudança de pH (lodo tem pH 7,3 que passa a pH 12,5 quando calado chegando até pH 16,25 no dia 90. Neste período com o nível de pH elevado os patogênicos são totalmente eliminados); e
- Ação da amônia formada a partir do nitrogênio do lodo em condições de temperaturas e pH elevados (a amônia também é um fator de desinfecção quando em contato com os patogênicos).

### 3.3 DESCRIÇÃO DE CUSTOS E FUNÇÕES

#### 3.3.1 Definições de Custos

Brudeki & Aisse (2009) conceituam que o termo custo significa um gasto com um determinado bem ou serviço, na produção de outros bens, e Martins (2000) define que o custo está estritamente ligado ao conceito do preço original de aquisição de bem ou serviço, como por exemplo, o custo de uma obra, custo de um automóvel, etc.

Anjos Júnior (2007) disse que a rigor não existe o custo “real” ou singular de um produto, como característica definidora que lhe seja intrínseca, mas sim, existem custos diversos atribuíveis ao mesmo produto. Basicamente os custos podem ser:

- Fixos ou variáveis: conforme se comportem em relação aos volumes dos bens e serviços a que se refiram;
- Diretos ou indiretos: conforme se refiram aos processos de produção ou complementares, respectivamente;
- Marginais ou médios: conforme se refiram aos volumes incrementais ou totais de produção, respectivamente; e,
- Passados, presentes ou futuros: conforme se refiram a eventos históricos, atuais ou projetados, respectivamente. Ainda podem ser de natureza econômica, financeira ou contábil.

Os diferentes tipos de custos atribuíveis a um mesmo produto (ou serviço) refletem, na verdade, procedimentos diversos de contabilização, denominados “técnicas de custeio”, ou, alternativamente, “sistemas de custeio”. Os diferentes sistemas de custeio, por sua vez, existem com suas características próprias, para atender a objetivos diversos (MARTINS, 2001).

Buarque (1984) observa, de uma maneira global, o processo de uma unidade de produção – neste caso, atribui-se as unidades do Sistema de Esgotamento Sanitário, como uma unidade de produção, que coleta, transporta, trata e faz a disposição final do esgoto e do lodo – pode-se constatar que há dois tipos básicos de custo:

- Os custos que correspondem à implantação da unidade de produção; e,
- Os custos que correspondem ao processo de produção, propriamente dito.

A diferença entre estes dois tipos de custos manifesta-se inicialmente da origem dos recursos para financiá-los, uma vez que os gastos iniciais de instalação originaram-se basicamente de recursos disponíveis antes da existência do sistema, enquanto que os custos que correspondem ao processo de produção normal (coleta, transporte e tratamento) podem ser financiados pelo próprio sistema, através da cobrança das tarifas.

Aos primeiros chama-se de custos de investimento, ou custo de capital, ou somente investimentos; aos outros denominam-se de custos de operação, custos de produção ou custos operacionais (BUARQUE, 1984).

A cadeia de custos de um sistema de saneamento revela o comportamento dos mecanismos formadores de custos de uma forma desagregada, mas cumulativa, desde a captação da água dos mananciais, passando pela distribuição aos consumidores finais até o seu lançamento de volta ao meio ambiente na forma de esgotos tratados (ANJOS JÚNIOR, 2011).

### **3.3.2 Base de dados**

Os custos que formam o banco de dados podem ser encontrados basicamente em duas fases: (i) custo de projetos e o (ii) custo de obras. Estes custos podem se aproximar ou não dependendo da precisão e calibração dos orçamentos com custos regionalizados, bem como da ausência ou não de imprevistos na fase de execução, no caso de custo de obras.

Mesmo considerando somente dados dos custos de projetos, eles podem ter diferenças orçamentárias dependendo da etapa de detalhamento do projeto, tais como: projeto básico, projeto executivo e planilha de orçamentos do pacote de obras para obtenção de recursos, como por exemplo, a planilha orçamentária da Caixa Econômica Federal – CEF.

Uma base histórica deste tipo poderia possibilitar um resultado bastante confiável para a análise. Porém, quando considerada a realidade de cada obra utilizada na amostra empregada na análise, verifica-se a existência de vários fatores relevantes que alteram significativamente a característica da obra e, portanto, seus custos (ANA, 2008).

Ressalta-se a também a importância de observar se custos inseridos no gráfico não apresentam discrepâncias de custos de projetos, pois, o ideal seria considerar apenas os custos das obras implantadas.

Desta forma, para a coleta de informações, que formará o banco de dados, é desejável o acesso ao projeto do sistema, de modo a entender e classificar os elementos para a tabulação de acordo com um conceito padrão, evitando desta forma, pontos fora da curva, por erro de conceito.

### **3.3.3 Atualização Financeira**

Atualização financeira se dá por necessário neste tipo de estudo, pois, a base de dados é formada por diversos custos e se apresenta em datas diferentes. Desta forma é preciso atualizar o valor passado para o valor presente, para que os valores sejam analisados em valores relativos.

Brudeki & Aisse (2007) atualizaram os valores aplicando-se o Índice Geral de Preço – Disponibilidade Interna (IGP-DI) da Fundação Getúlio Vargas e utilizado pela Fundação Economia e Estatística (FEE).

Von Sperling (2007) atualizou os valores com correção pelo Índice Nacional de Custo da Construção – INCC. Quando os valores originais não incluíam BDI, foi incorporado um BDI médio de 30%, e quando havia discriminação de serviços e matérias, adotou-se 40% para mão de obra e 18% para os materiais.

Segundo o Instituto Brasileiro de Economia (IBRE), da Fundação Getúlio Vargas, o INCC foi concebido com a finalidade de aferir a evolução dos custos de construções habitacionais, configurou-se como o primeiro índice oficial de custo da construção civil no país. Foi divulgado pela primeira vez em 1950, mas sua série histórica retroage a janeiro de 1944. De início, o índice cobria apenas a cidade do Rio de Janeiro, então capital federal e sua sigla era ICC.

Nas décadas seguintes, a atividade econômica descentralizou-se e o IBRE passou a acompanhar os custos da construção em outras localidades. Além disso,

em vista das inovações introduzidas nos estilos, gabaritos e técnicas de construção, o ICC teve que incorporar novos produtos e especialidades de mão-de-obra.

### 3.3.4 Conceitos da Correlação

A análise da correlação tem como objetivo estimar numericamente o grau de relação que possa ser identificado entre elementos de duas ou mais variáveis, a partir da determinação obtida com base em amostras selecionadas de elementos focalizados. Também possibilitam comprovar numericamente se é adequada a postulação lógica realizada sobre a existência de relação entre os elementos de duas ou mais variáveis (BRUNI & FAMÁ, 2003).

Na área de projetos, a análise de regressão e correlação possibilita uma visão do processo de geração de informações e tomadas de decisões, principalmente na fase de Estudo de Concepção para a análise de viabilidade econômica das alternativas propostas.

Na correlação que envolve apenas duas variáveis, a amostra é formada por um conjunto de pares de valores. O resultado da análise da correlação é expresso na forma de um coeficiente de correlação – número que quantifica o grau de relação obtido para os pares de valores de duas variáveis que formam a amostra analisada, denominado coeficiente de determinação ou “r<sup>2</sup>” (quadrado do r de Pearson).

Se o valor encontrado de “r<sup>2</sup>” for próximo de 1, o grau de ajuste da função aos pontos pode ser considerado muito bom (BRUNI & FAMÁ, 2003).

O coeficiente de correlação linear “r” mede o grau de relacionamento linear entre “x” e “y”, enquanto que o coeficiente de determinação “r<sup>2</sup>” mede a variação de “y” que é explicada pela reta de regressão.

A maior parte dos modelos construídos para a análise de correlações tende para modelos lineares. Entretanto, em muitas situações ocorrerá a necessidade da construção de modelos não lineares, onde a equação que apresentará o melhor coeficiente de determinação.

A linha de tendência do tipo linear pode ser representada pela equação 3.1.

$$y = a.x + b \quad (\text{EQ 3.1})$$

Onde:

x é a variável dependente de entrada;

a é uma fator multiplicador;

b é uma constante; e

y é o resultado em função de x.

O comportamento deste tipo de equação é a proporcionalidade entre os valores de “x” e “y”, ou seja, para um aumento do valor de “x” não há um ganho incremental ao proporcional e nem perda para o valor de “y”, conforme pode se observar no exemplo a seguir (figura 3.14).

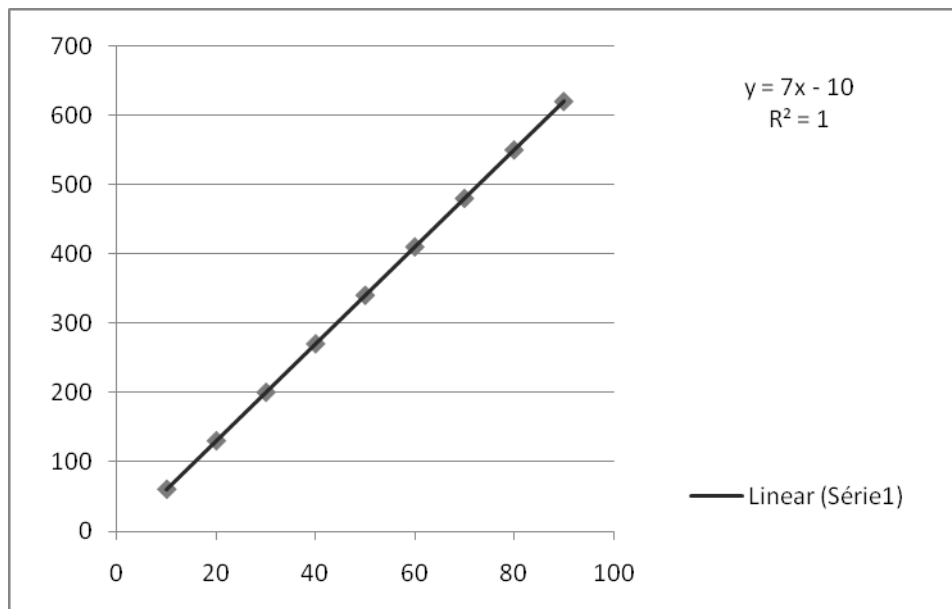


FIGURA 3.14 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO LINEAR

A linha de tendência do tipo exponencial pode ser representada pela equação

3.2.

$$y = a.e^{b.x} \quad (\text{EQ 3.2})$$

Onde:

x é a variável de entrada;  
a é fator multiplicador;  
b é uma constante exponencial; e  
y é o resultado em função de “x”.

O comportamento deste tipo de equação é um valor que excede a proporcionalidade entre “x” e “y”, ou seja, para um aumento do valor de “x” há um ganho incremental ao proporcional para o valor de “y”, como pode se observar no exemplo da figura 3.15.

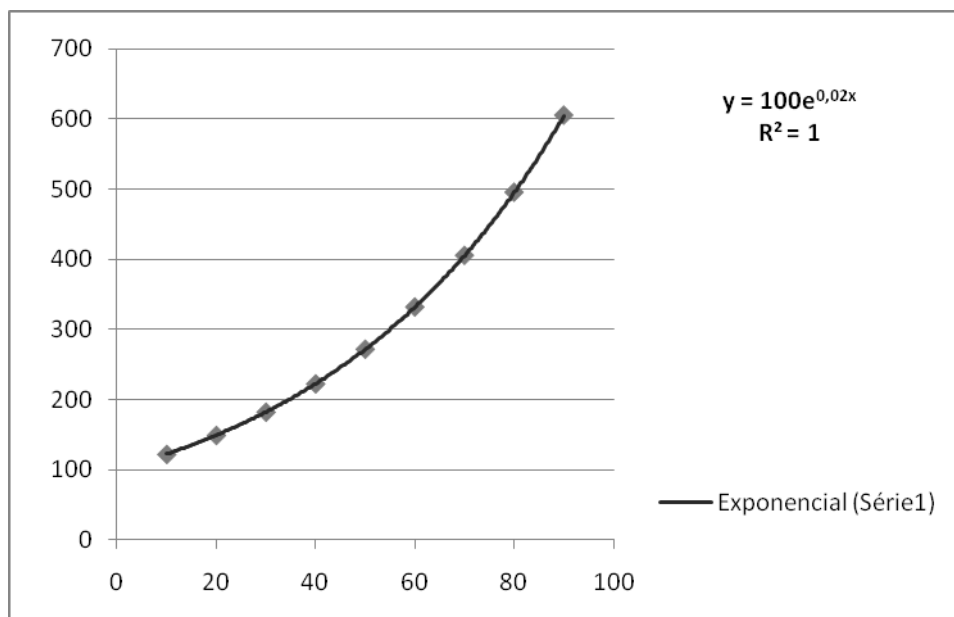


FIGURA 3.15 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO EXPONENCIAL

A linha de tendência do tipo logaritmo pode ser representada pela equação

3.3.

$$y = a \cdot \ln(x) + b \quad (\text{EQ 3.3})$$

Onde:

x é a variável de entrada;

a é um fator multiplicador;

b é a constante; e

y é o resultado expresso na função de logaritmo neperiano (ln) em função de x.

O comportamento deste tipo de equação é um valor que tem um decréscimo em relação a proporcionalidade entre "x" e "y", ou seja, com um aumento de "x" há uma perda residual para "y", como pode se observar na figura 3.16.

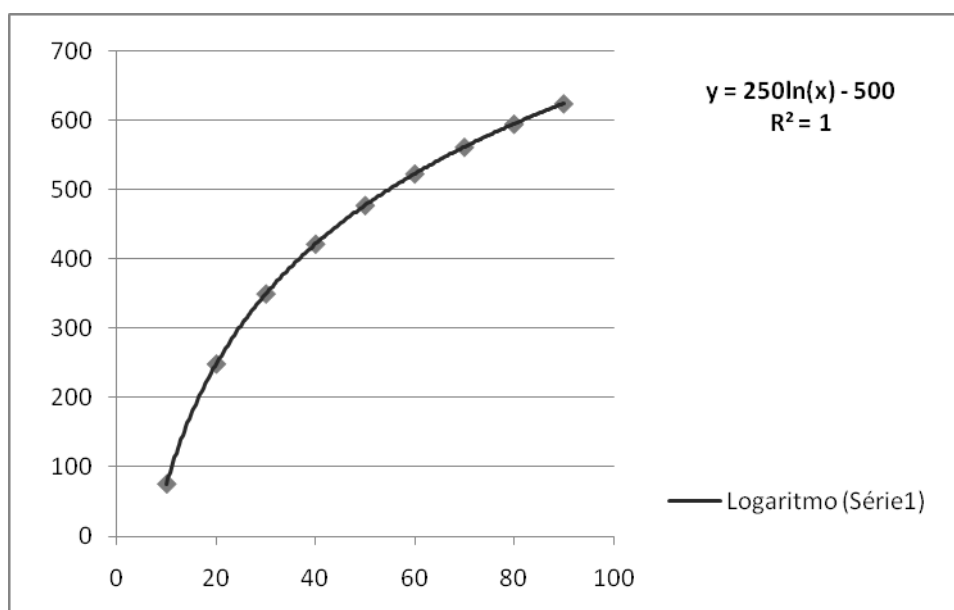


FIGURA 3.16 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO LOGARITMO

A linha de tendência do tipo polinômio pode ser representada pela equação

3.4.

$$y = a.x^2 + b.x + c \quad (\text{EQ 3.4})$$

Onde:

x é a variável de entrada;

a é um fator multiplicador do primeiro termo;

b é um fator multiplicador do segundo termo;

c é uma constante; e

y é o resultado em função de x.

O comportamento deste tipo de equação é um valor que se apresenta desproporcionalmente entre “x” e “y”, ou seja, para um aumento de “x” pode haver uma perda residual ao proporcional ou ganho incremental para “y” de acordo com a equação, como pode se observar na figura 3.17.

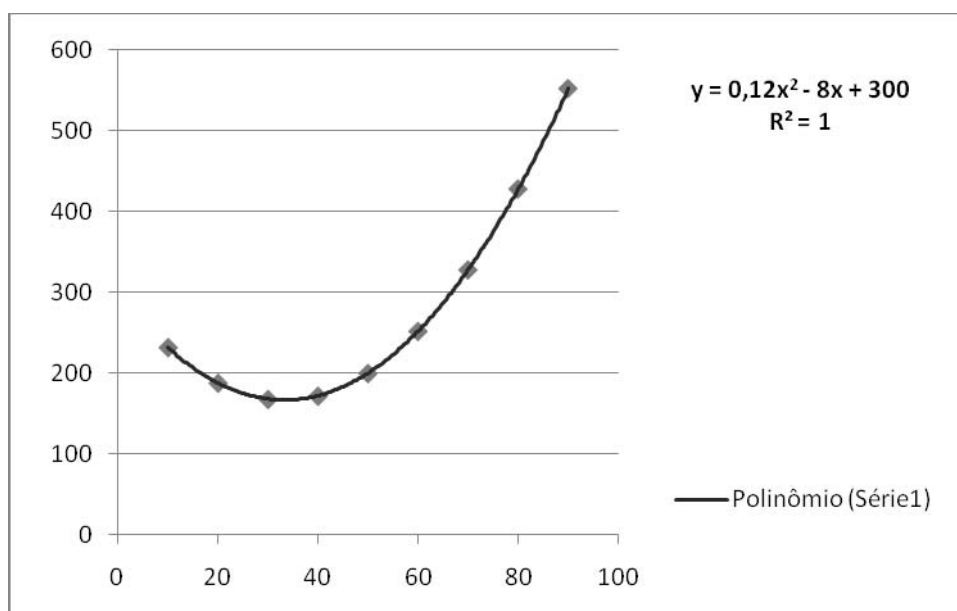


FIGURA 3.17 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO POLINÔMIO

A linha de tendência do tipo potência pode ser representada pela equação

3.5.

$$y = a.x^b \quad (\text{EQ 3.5})$$

Onde:

x é a variável de entrada;

a é uma fator multiplicador;

b é o índice de potência; e

y é o resultado em função de x.

O comportamento deste tipo de equação é um incremento não proporcional entre os valores de “x” e “y”, ou seja, para um aumento do valor de “x” há um ganho incremental para o valor de “y”, conforme pode se observar na figura 3.18.



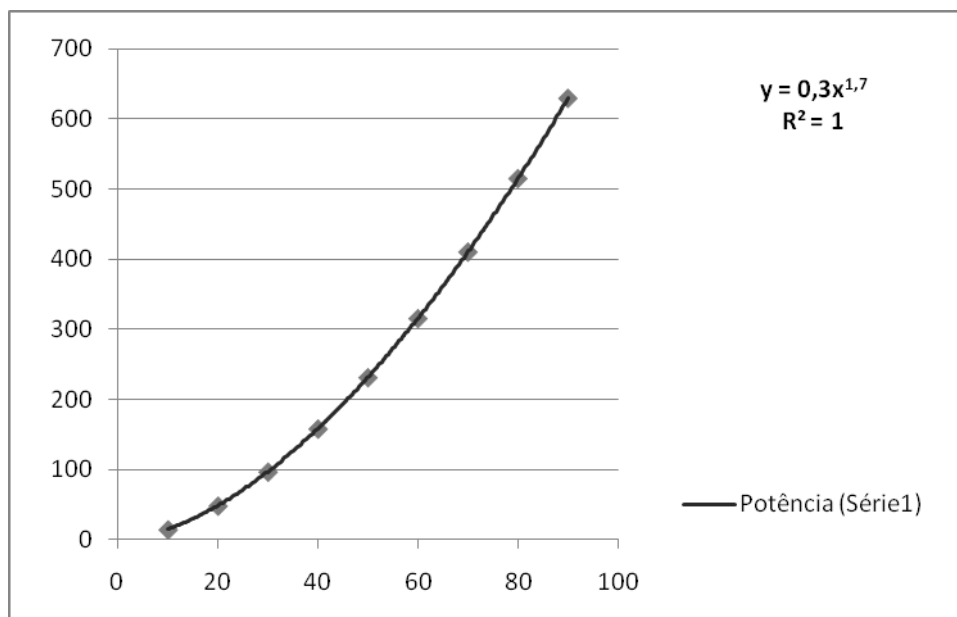


FIGURA 3.18 – LINHA DE TENDÊNCIA DO TIPO POTÊNCIA

Além de se verificar o coeficiente de correlação para a escolha do tipo de equação é necessário o entendimento de como custos dos elementos analisados se comportam.

Quando se há o conhecimento de que a variável estudada possui um comportamento específico, mesmo que o coeficiente de correlação apresente melhor para outras funções, é necessário optar por aquela de comportamento semelhante, com  $R^2$  pouco abaixo, desde que aceitável.

Por exemplo, em uma ETE há um ganho de escala nos custos para grandes vazões. Neste caso a equação que melhor apresenta a tendência do custo das ETEs pode ser uma equação do tipo logarítmica, que se acomoda-se conforme aumenta o volume de esgoto, principalmente quando agrupamos os custos de implantação com os custos operacionais.

### 3.3.5 Funções Custos

A forma mais correta de se produzir curvas de custo que abranjam uma gama variável de projetos é agrupar num banco de dados um número considerável de orçamentos finais de projetos executados, corrigidos temporalmente e em função da distribuição espacial dos empreendimentos (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008).

Segundo a Agência Nacional das Águas (2008) a utilização das curvas de custos, habitualmente empregadas, é capaz de fornecer informações

parametrizadas de custos de construção de infra-estruturas para diferentes tipologias de intervenções, pode ser considerada de duas formas diferentes: (i) construção de curvas a partir dos custos de infra-estruturas já instaladas e (ii) construção de curvas de custo baseado em uma obra padrão.

No primeiro caso, o gráfico de distribuição de custos de cada tipo de intervenção possibilita extrair uma função matemática que estabelece uma correspondência entre o porte e os custos finais das obras.

No segundo caso, a vantagem da abordagem é eliminar a utilização de uma amostra para a qual não se conhece adequadamente as condicionantes da sua estrutura de preços. A desvantagem desta abordagem é a necessidade de um esforço relativamente grande para o estabelecimento de composições orçamentárias para todos os tipos e dimensões de obras.

### 3.3.6 Custos de Implantação de SES

Para custos de implantações de SES, Brudeki & Aisse (2007) encontraram o custo total de investimento na ordem de R\$ 523,23 por habitante para o Sistema de Esgotamento no Estado do Paraná, como pode se visualizar no quadro 3.8.

QUADRO 3.8 – CUSTOS DE INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA PARANAENSE

Estrutura Sanitária - Sistema de Esgoto	Valores em R\$/habitante
Rede Coletora (DN 100 mm até 200mm)	392,88
Coletor Tronco (DN 300 mm até 400mm)	3,67
Interceptor (DN 700 mm até 1.500 mm)	12,33
Estação Elevatória de Esgoto	46,77
Estação de Tratamento: RALF	36,09
Filtro Biológico Percolador (1)	15,78
Desinfecção – Hipoclorito de sódio (2)	17,72
<b>Custos Totais</b>	<b>525,23</b>

FONTES: Brudeki & Aisse (2007), adaptado de Aisse *et al.* (2002)

(1) para Q = 70 L/s e uma população de 29.424 habitantes;

(2) para Q = 40 L/s e uma população de 14.425 habitantes;

Entretanto, sabe-se que os custos *per capita* para um sistema de menor vazão de projetos pode se apresentar maior (AISSE *et al.*, 2003) e que os custos de

infra-estrutura também podem variar de região para região, respeitando as particularidades locais.

Na elaboração do orçamento para as curvas de custos para o transporte de efluentes líquidos (ver figura 3.19), a Cobrape-Engecorps-Geoambiente (2008) utilizaram os seguintes critérios técnicos que influenciam no escoamento e no volume projetado por habitante:

- Inclinação próxima de  $i=0,04\%$  que influencia diretamente na vazão dos dutos;
- Vazão média por habitante 0,002 L/s; e,
- Infiltração de 0,1 L/s.km de tubulação.

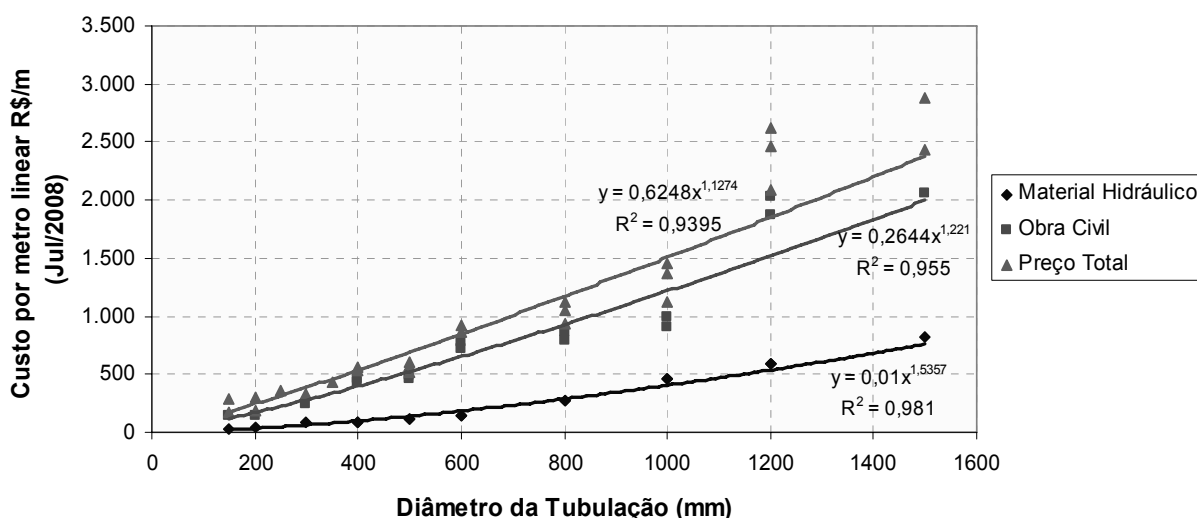


FIGURA 3.19 – CURVA DE CUSTOS PARA O TRANSPORTE DE EFLUENTES LÍQUIDOS

FONTE: COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE (2008)

Os custos de assentamento de tubulação de esgoto por metro linear encontrados estão representados pela equação 3.6, onde  $x$  é o DN do tubo em mm e  $y$  o resultado em R\$/m:

$$y = 0,6248 x^{1,1274} \quad (\text{EQ 3.6})$$

Os custos das obras civis estão representados pela equação 3.7, onde  $x$  é o DN do tubo em mm e  $y$  o resultado em R\$/m:

$$y = 0,2644 x^{1,221} \quad (\text{EQ 3.7})$$

Os custos para o material hidráulico orçado estão representados pela equação 3.8, onde  $x$  é o DN do tubo em mm e  $y$  o resultado em R\$/m:

$$y = 0,01 x^{1,5357} \quad (\text{EQ 3.8})$$

Salazar & von Sperling (2011) apresentaram faixas de valores e funções de custo unitário de implantação de redes coletoras e interceptores de sistemas de esgotamento dinâmico, com resultados dos custos médios são expressos em custos unitários (ver quadro 3.9), ou seja, R\$/m e R\$/hab, atualizados pelo INCC - Índice Nacional de Custo da Construção.

**QUADRO 3.9 – FAIXAS E FUNÇÕES DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES COLETORAS E INTERCEPTORES**

<b>Redes Coletoras com até 10% de Rocha / com até 40% Pavimentado</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 86,14/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$ 98,00/m
<b>Redes Coletoras com mais de 10% de Rocha / com mais de 40% Pavimentado</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 99,92/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$ 147,05/m
<b>Interceptor com Solo Seco com até 10% de Rochas / sem Condições Especiais como Travessias e Contensões Diâmetros Menores que 300 mm</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 112,07/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$ 201,33/m
<b>Interceptor com Solo Seco com até 10% de Rochas / sem Condições Especiais como Travessias e Contensões Diâmetros Maiores que 300 mm</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 245,57/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$ 511,62/m
<b>Interceptor com Solo Seco com Mais de 10% de Rochas / sem Condições Especiais como Travessias e Contensões Diâmetros Menores que 300 mm</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 196,38/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$ 265,58/m
<b>Interceptor com Predominantemente Seco (Presença de Água em até 40% Dos Casos) / com até 10% de Rocha / sem Condições Especiais como Travessias e Contensões (Diâmetros Menores que 300 mm)</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 249,25/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$ 255,74/m
<b>Interceptor com Condições Especiais como Travessias e Contensões</b>	
Custo associado ao percentil 25%	R\$ 374,25/m
Custo associado ao percentil 75%	R\$499,37/m

FONTE: Salazar e von Sperling (2011), data-base abr/2010

Lucca *et al.* (2011) estudaram custos de implantação de redes coletoras em cidades com pequena população (1400 a 5500 habitantes). Foram estudados quatro projetos executivos<sup>5</sup> fornecidos pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR. No quadro 3.10 está representado a relação entre custo da rede por habitante, custo da ligação por habitante e custo da rede por extensão.

QUADRO 3.10 CUSTO DA REDE COLETORA EM CIDADES COM PEQUENA POPULAÇÃO (1400 A 5500 HABITANTES)

Dados	Municípios (PR)			
	Agudos do Sul	Bocaiúva do Sul	Quitandinha	Mandirituba
Custo rede/habitante (R\$/hab)	843,56	513,97	955,95	455,50
Custo da ligação/habitante (R\$/hab)	76,54	41,09	49,95	34,30
Custo total da rede/ habitante (R\$/hab)	1.170,44	798,74	1.210,40	838,06
Custo rede por ligação (R\$/lig)	2.729,35	1.355,40	2.542,89	1.502,78
Custo da ligação por ligação (R\$/lig)	247,65	108,37	132,87	113,16
Custo total por ligação (R\$/lig)	3.786,97	2.106,36	3.219,76	2.764,94
Custo da rede por extensão (R\$/m)	111,90	89,34	106,16	90,21
Custo dos coletores/extensão (R\$/m)	148,10	277,42	195,69	164,81

FONTE: Lucca *et al.* (2011)

No entanto, vale ressaltar que para custos de rede, deve-se tomar cuidado devido ao fato de existirem vários elementos particulares no seu dimensionamento, como tipo de solo e topografia.

Ainda sobre redes coletoras e interceptores, é válido destacar que os parâmetros de dimensionamento podem influenciar nos custos de implantação. Berner *et al.* (2006) apresentaram um comparativo de custos de implantação de uma rede de esgoto sanitário em PVC, em uma área com pouca declividade, dimensionada sob dois critérios vigentes de tensão trativa da norma técnica: 1,0 Pa

<sup>5</sup> Os municípios estudados foram Agudos do Sul, Bocaiúva do Sul, Mandirituba e Quitandinha.

e 0,6 Pa. Segundo o estudo, foi possível verificar as reduções superiores a 10% nos custos estimados.

Colossi (2002) apresentou em sua tese de mestrado: Modelos Paramétricos para Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário, equações que podem ser atualizadas para efeitos de comparação. Entre as equações desenvolvidas por Colossi (2002) a equação 3.9 pode ser utilizada para se determinar os custos de implantação de estação elevatória de esgoto.

$$y = 3,29 \times 10^3 L^{0,330} X^{0,679} \quad (\text{EQ 3.9})$$

Onde,

y é o custo da estação em moeda americana - 2002;

L é a altura manométrica (em metros) de recalque; e

X é a vazão (L/s) da EEEs.

Outra equação desenvolvida por Colossi (2002) é a equação 3.10 para determinar os custos das linhas de recalque (ou emissários):

$$y = 10,152 L^{1,044} X^{0,548} \quad (\text{EQ 3.10})$$

onde,

y é o custo da linha de recalque em moeda americana -2002;

L é a extensão da linha de recalque (em metros); e

X é a vazão (L/s) de projeto da linha de recalque.

Jordão & Pessoa (2005) apresentaram custos para sistemas de tratamento de esgoto, bem como custo per capita, baseados em levantamentos de várias ETEs. Os custos per capita foram separados por categorias e têm como data base nov/02, como mostra o quadro 3.11.

QUADRO 3.11 – CUSTOS DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Sistema de Tratamento de Esgoto	Vazões	Custo
Lodos ativados convencional	1.000 e 5.000 L/s	R\$130 a R\$310/hab
Lodos ativados por batelada	7 e 233 L/s	R\$120 a R\$200/hab
Lagoas de estabilização	8 a 86 L/s	R\$40 a R\$90/hab
Reatores UASB com pós-tratamento por lagoas aeradas, lagoas de polimento, filtros submersos aerados e filtros anaeróbios	10 e 320 L/s	R\$40 a R\$100/hab

FONTES: von Sperling (2007) adaptado de Jordão & Pessoa (2005)

Von Sperling (2007) observou para 116 ETEs no Brasil, uma grande dispersão entre os custos de implantação de tratamento, como seria esperado, dada a grande diversidade de condições de implantação de uma ETE, tais como: solo,

clima, localização, custo do material, etc. Apesar das dispersões, por von Sperling (2007) comparou os seus custos encontrados para tratamento de esgoto com custos presentes nas literaturas, observou se similaridade nos valores, como segue:

QUADRO 3.12 – CUSTOS DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

<b>Autor</b>	<b>Data</b>	<b>Custo Atualizado<sup>6</sup></b>
Chernicharo	2001	R\$65 a R\$290/hab
von Sperling	2003	R\$45 a R\$250/hab
Agência Nacional das Águas	2002	R\$30 a R\$190/hab
Jordão & Pessoa	2002	R\$55 a R\$435/hab

FONTE: von Sperling (2007)

Entretanto, as faixas dos custos dos autores, mesmo quando atualizadas, para comparação com os custos encontrados por von Sperling são bem grandes. Desta forma, fica difícil de avaliar se os custos de tratamento encontrados por ele são realmente consistentes. Talvez para este tipo de situação fosse necessário classificar as ETEs pelos tipos de solo, clima, localização, custo do material e etc., como se ponderou.

Também considerando apenas os custos de implantação para tratamento de esgoto, Aisse et al. (2003) encontraram (ver quadro 3.13) o menor custo para sistema RALF + FAD (flotador com ar dissolvido), seguido do sistema RALF + FB (filtro biológico). O sistema RALF + LA (lodos ativados) que apresentou o de maior custo dos sistemas analisados.

Comparações de custos para tratamento de esgoto, tais quais as comparações do quadro 3.13 não levam em conta as eficiências de remoção de carga orgânica de cada processo, ou ainda por exemplo, que no sistema RALF + FAD o processo de flotação é capaz de remover o fósforo, o que sistemas biológicos de alta taxa não realizam.

---

<sup>6</sup> A atualização dos custos da literatura do Quadro 3.10 foi feita por von Speling (2007) para comparação dos custos encontrados no seu estudo;

QUADRO 3.13 – CUSTO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE REATORES ANAERÓBIOS

Sistema	Q (L/s)	População (habitantes)	Custos de Implantação	
			R\$	R\$/hab.
RALF + LA (1)	10	4.203	434.389,09	103,35
RALF + LA (1)	30	12.610	759.910,34	60,26
RALF + LA (1)	70	29.424	1.240.748,92	42,17
RALF + FB (2)	10	4.203	377.494,87	89,82
RALF + FB (2)	30	12.610	615.867,64	48,84
RALF + FB (2)	70	29.424	1.093.879,24	37,18
RALF + FBAS (3)	10	4.203	409.232,02	97,37
RALF + FBAS (3)	30	12.610	662.354,26	52,53
RALF + FBAS (3)	70	29.424	1.206.388,57	41,00
RALF + FAD (4)	10	4.203	302.957,67	72,08
RALF + FAD (4)	30	12.610	499.332,48	39,60
RALF + FAD (4)	70	29.424	819.827,64	27,86

FONTE: Aisse et al. (2003)

(1) LA - lodos ativados;

(2) FB - filtro biológico (filtro percolador);

(3) FBAS - filtro biológico aerado submerso;

(4) FAD - flotor com ar dissolvido;

Aisse *et al.* (2003), no artigo Análise Econômica de Sistemas de Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Tipo UASB, procuraram padronizar as obras estruturais (escavação, fundação, etc), evitando-se as peculiaridades encontradas nas obras reais.

A eficiência do sistema apresentado por categorias diferentes (no quadro 3.13), também tem influência direta no custo – como, por exemplo, as diferentes faixas de eficiência de remoção de carga orgânica das estações de tratamento. O sistema implantado pode apresentar-se mais simples ou mais complexo, de acordo com as exigências ambientais e/ou suas flexibilizações.

Para este tipo de análise é necessária muita cautela, pois, as comparações nem sempre são justas o suficiente, tendo em vista que cada processo de



tratamento possui a sua particularidade, e podem se adaptar melhor em ambientes diferentes, como por exemplo o clima.

Desta forma devem-se também levar em conta também as características do meio, do efluente a ser tratado, bem como as características do corpo receptor, observando-se a legislação ambiental em vigência.

E por fim, Nunes *et al.* (2006) também apresentaram custos unitários de implantação de estações de tratamento de esgotos, a partir da base de dados do Programa de Despoluição das Bacias Hidrográficas – PRODES, conforme o quadro 3.14.

**QUADRO 3.14 – COMPARAÇÃO DE CUSTO POR HABITANTE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO SEGREGADAS POR POPULAÇÃO DE ATENDIMENTO**

Processo / Tipo de Tratamento	Custo de Implantação (R\$/ hab) valores de 2001 e 2002					
	0 a 10 mil	10 a 20 mil	20 a 50 mil	50 a 100 mil	100 a 300 mil	Acima de 300 mil
Lagoas Anaeróbias + Facultativas		82,00	82,00	40,00	40,00	
Lagoas Facultativas			85,00		45,00	
Lagoas Aeradas				50,00	50,00	
Reator UASB + Filtro Aeróbio		65,00	35,00	35,00		
Reator UASB + Filtro Anaeróbio	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	
Reator UASB + Lodos Ativados por Batelada			90,00			
Reator UASB + Lodos Ativados por Aeração Prolongada		90,00			105,00	
Reator UASB + Lodos Ativados Convencional			120,00		95,00	
Reator UASB + Lagoas de Estabilização	100,00	100,00	100,00		45,00	
Lodos Ativados por Aeração Prolongada			90,00	57,00	57,00	
Lodos Ativados Convencional					97,00	100,00
Lodos Ativados por Batelada		225,00	195,00	115,00	105,00	95,00

FONTE: Nunes *et al.*(2006)

## 4 MÉTODOS

Na sequência deste capítulo serão apresentados os métodos propostos para a composição dos custos de implantação para os sistemas de esgotamento sanitários, conforme descrito nos objetivos específicos, a saber: (i) composição de custos de coleta e transporte de esgoto, (ii) composição de custos de tratamento de esgoto, (iii) composição de custos de condicionamento e tratamento de lodo de esgoto e (iv) roteiro de cálculo para determinar os custos de implantação de SES.

Entretanto, há outras atividades envolvidas para o desenvolvimento dos métodos, que precedem a obtenção dos custos de implantação dos sistemas e que são de extrema importância para a precisão dos resultados, conforme segue.

### 4.1 BASE DE DADOS

A metodologia para o desenvolvimento deste estudo consistiu, inicialmente, numa coleta extensa de informações sobre os custos de diversos elementos de sistemas de esgotamento sanitários - SES implantados.

A maior base de dados disponível (ver anexos) que foi analisada está, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste – que tem o maior número de municípios atendidos, como se verifica no diagnóstico do SNIS 2010 comentado na revisão bibliográfica.

A seguir no quadro 4.1 é possível verificar as fontes dos dados de projetos pesquisadas.

QUADRO 4.1 – FONTES DOS DADOS DOS CUSTOS DE SES

<b>Empresa</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Quantidade de projetos</b>
Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos	Coletor	40
Gouvea da Costa Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda	Coletor	05
Consórcio HagaplanCobrape	Coletor	10
Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos	EEE	105
Consórcio HagaplanCobrape	EEE	23
José da Silva Lima Neto & Cia Ltda – Analista de Custo	EEE	10
Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos	LR	129

QUADRO 4.1 (CONTINUAÇÃO)

Gouvea da Costa Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda	LR	10
Consórcio HagaplanCobrape	LR	24
José da Silva Lima Neto & Cia Ltda – Analista de Custo	LR	10
Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos	ETE	21
Consórcio Cobrape-Engecorps-Geoambiente	ETE	16
Gouvea da Costa Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda	ETE	04
Consórcio HagaplanCobrape	ETE	02
José da Silva Lima Neto & Cia Ltda – Analista de Custo	ETE	21
Nunes <i>et al.</i> , 2005 (curvas e equações)	ETE	24

Sabe-se que o desejável é trabalhar apenas com uma base de dados de custos de obras de sistemas de esgotamento sanitários - SES implantados. Pois, o custo da obras é o custo real da implantação do SES, ou seja, o que realmente foi empregado até o início da operação do sistema.

Porém, ao longo do desenvolvimento do estudo se percebeu, através das buscas dos custos de SES, tamanha a dificuldade da obtenção e disponibilidade de custos de obra de infra-estrutura.

Portanto, para resolver esta escassez de dados, foram utilizados os custos de projetos, além de pré-dimensionamentos e orçamentos. Outra consideração relevante é observar a quantidade de informações que estão agregadas aos custos, tais como:

- Fase do custo (Estudo de Concepção, Projeto Básico, Projeto Executivo e Obra);
- Data do custo (foram desconsiderados os custos com datas anteriores ao ano de 1995) para que seja possível a atualização financeira;
- Categoria da unidade, como por exemplo, nas Estações Elevatórias de esgoto - EEEs também foram necessárias as alturas manométricas das linhas de recalques e populações de atendimento ou vazões de projeto; e
- Obras lineares – custos por faixas de escoramentos (ver metodologia adiante).

## 4.2 ATUALIZAÇÃO FINANCEIRA

De posse da base de dados, por tipo de unidade localizada ou linear que pertencem ao Sistema de Esgotamento Sanitário, foram realizadas atualizações dos seus respectivos valores. Para esta tarefa a consistência dos dados foi primordial, sobretudo a data do orçamento base.

O índice que foi utilizado para a atualização financeira foi o mesmo de von Sperling (2007): Índice Nacional da Construção Civil - INCC da Fundação Getúlio Vargas – FGV, amplamente utilizado e disponível em vários sites financeiros da Internet, conforme apresentado no quadro 4.2.

QUADRO 4.2 – ÍNDICE NACIONAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL – INCC

Ano	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>1995</b>	1,37	3,54	2,41	2,74	2,43	9,38	2,71	0,93	4,68	0,72	0,76	1,07
<b>1996</b>	0,67	1,35	0,19	0,89	0,55	2,01	1,52	0,74	0,15	0,23	0,28	0,48
<b>1997</b>	0,68	0,31	0,42	0,73	0,30	0,99	0,94	0,55	1,18	0,22	0,22	0,52
<b>1998</b>	0,29	0,48	0,31	-0,46	0,47	0,86	0,42	0,29	0,09	0,05	-0,07	-0,01
<b>1999</b>	0,21	0,62	0,91	0,58	0,38	0,88	0,41	0,52	0,83	0,79	1,22	0,81
<b>2000</b>	1,15	0,89	0,82	0,69	0,57	1,09	0,83	0,35	0,30	0,28	0,29	0,49
<b>2001</b>	0,40	0,55	0,34	0,28	2,00	0,69	1,07	0,56	0,59	0,92	0,60	0,70
<b>2002</b>	0,40	0,31	0,84	0,32	2,47	0,21	0,63	0,82	0,68	0,82	2,19	2,13
<b>2003</b>	1,45	1,60	1,38	0,81	2,98	0,74	0,59	2,20	0,24	0,47	0,42	0,99
<b>2004</b>	0,28	0,48	1,59	0,60	1,74	0,56	1,12	0,90	0,67	0,95	0,94	0,61
<b>2005</b>	0,70	0,42	0,71	0,38	0,54	2,20	0,65	0,05	0,06	0,28	0,29	0,38
<b>2006</b>	0,24	0,28	0,23	0,21	0,81	1,45	0,57	0,35	0,09	0,18	0,23	0,30
<b>2007</b>	0,45	0,26	0,17	0,43	0,55	1,67	0,21	0,35	0,39	0,49	0,48	0,43
<b>2008</b>	0,41	0,43	0,59	0,82	1,10	2,67	1,42	1,27	0,95	0,85	0,65	0,22
<b>2009</b>	0,26	0,35	-0,17	-0,01	0,25	1,53	0,37	0,01	0,07	0,13	0,18	0,20
<b>2010</b>	0,52	0,35	0,45	1,17	0,93	1,77	0,62	0,22	0,20	0,15	0,36	0,59
<b>2010</b>	0,37	0,39	0,44	0,75	2,03							

FONTE: dados da IBRE – FGV

A partir dos índices do INCC (quadro 4.2) foram calculados os fatores multiplicadores – FM (quadro 4.3), para facilitar a atualização financeira do custo das unidades de esgotamento sanitário. Para o cálculo destes fatores foi desenvolvido a equação 4.1.

$$FM_m = 1 + (1 + INCC_m) \times (1 + INCC_{m+1}) \times (1 + INCC_{m+2}) \times \dots \times (1 + INCC_{m+n}) \quad (EQ\ 4.1)$$

Sendo:

FM<sub>m</sub> = fator multiplicador do mês a calcular;

m = mês a calcular; e

m+n = mês atual (no caso até mai/2011).

QUADRO 4.3 – FATORES MULTIPLICADORES DO INCC

Ano	Mês											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1995	4,676	4,613	4,455	4,350	4,234	4,134	3,779	3,679	3,646	3,483	3,458	3,432
1996	3,395	3,373	3,328	3,321	3,292	3,274	3,210	3,162	3,138	3,134	3,126	3,118
1997	3,103	3,082	3,072	3,059	3,037	3,028	2,999	2,971	2,954	2,920	2,913	2,907
1998	2,892	2,884	2,870	2,861	2,874	2,861	2,836	2,825	2,816	2,814	2,812	2,814
1999	2,815	2,809	2,792	2,766	2,750	2,740	2,716	2,705	2,691	2,669	2,648	2,616
2000	2,595	2,565	2,543	2,522	2,505	2,491	2,464	2,444	2,435	2,428	2,421	2,414
2001	2,402	2,393	2,380	2,371	2,365	2,318	2,303	2,278	2,266	2,252	2,232	2,218
2002	2,203	2,194	2,187	2,169	2,162	2,110	2,106	2,093	2,076	2,062	2,045	2,001
2003	1,959	1,931	1,901	1,875	1,860	1,806	1,793	1,782	1,744	1,740	1,732	1,724
2004	1,707	1,703	1,695	1,668	1,658	1,630	1,621	1,603	1,588	1,578	1,563	1,548
2005	1,539	1,528	1,522	1,511	1,505	1,497	1,465	1,456	1,455	1,454	1,450	1,446
2006	1,440	1,437	1,433	1,430	1,427	1,415	1,395	1,387	1,382	1,381	1,378	1,375
2007	1,371	1,365	1,361	1,359	1,353	1,346	1,324	1,321	1,316	1,311	1,305	1,299
2008	1,293	1,288	1,282	1,275	1,264	1,251	1,218	1,201	1,186	1,175	1,165	1,157
2009	1,155	1,152	1,148	1,150	1,150	1,147	1,130	1,126	1,126	1,125	1,123	1,121
2010	1,119	1,113	1,109	1,104	1,092	1,082	1,063	1,056	1,054	1,052	1,050	1,046
2011	1,040	1,037	1,032	1,028	1,020							

No quadro 4.3. foram demonstrados os resultados dos índices INCC convertidos nos FM para multiplicação direta de acordo com a data desejada para atualização financeira. Assim o valor atualizado é calculando pela equação 4.2.

$$V_{\text{atualizado}} = \text{Valor} \times FM_m \quad (\text{EQ 4.2})$$

Lembrando que o INCC é um índice divulgado na forma de percentual mensal. A variação entre as datas é calculada pelo acúmulo dos valores no período.

### 4.3 METODOLOGIA PARA OS CUSTOS DA COLETA E TRANSPORTE DO ESGOTO

#### 4.3.1 Redes Coletoras de Esgoto

Na obtenção dos custos de implantação da rede coletora de esgoto, observou-se que os fatores que mais influenciam são: (i) material, (ii) diâmetro, (iii) profundidade, (iv) extensão, (v) grau de urbanização e (vi) tipo do solo.

Para as redes coletoras de esgoto foram pré-dimensionadas e orçadas (verificar nos apêndices), condições de redes coletoras mais frequentes, pois, apesar do grande número de amostras de rede, não foi possível separar os seus custos por níveis de profundidade, como se pretendia, devido à complexidade, particularidade e metodologias de cada orçamento.

Nos pré-dimensionamentos foram consideradas diversas situações que podem ser encontradas em campo. Fato que possibilitou desenvolver uma matriz de orçamentos, de acordo em que os parâmetros são alterados, tais como:

- Diâmetro do tubo da RCE;
- Largura média da vala;
- Grau de escavação e compactação manual;
- Tipo de solo (em %);
- Distância para transporte da carga e solos (em km);
- Faixas de Escoramentos (em função do nível do terreno);
- Esgotamento (em função do nível do terreno);
- Grau de pavimentação (em %); e,
- Tipos e distâncias dos poços de visitas.

Para desenvolver a matriz de orçamento foram fixados alguns dos parâmetros apresentados, o que possibilitou simular algumas condições, tais como:

- Rede coletora com solo favorável<sup>7</sup> e baixa urbanização<sup>8</sup>;
- Rede coletora com solo desfavorável<sup>9</sup> e baixa urbanização;
- Rede coletora com solo favorável e alta urbanização<sup>10</sup>; e
- Rede coletora com solo desfavorável e alta urbanização.

Os dados de entrada para os custos das redes coletores de esgoto foram (a) área da sub-bacia, (b) população de saturação da sub-bacia e (c) nível de declividade do terreno.

Quanto ao (i) material para as redes, há vários tipos disponíveis no mercado. Os exemplos mais comuns de tubos para esgotamento sanitário são: cerâmicos, de PVC, de PRFV, de concreto armado, de FoFo, de FD, de aço galvanizado, entre outros.

Existe uma relação financeira entre o material e o diâmetro do tubo. Esta relação depende do custo do metro linear do material. A partir do acréscimo do diâmetro o que se percebe é o uso de outros materiais considerados alternativos, tornando-se mais viáveis, além dos tubos de PVC e do concreto armado – mais utilizados atualmente.

Para as redes coletoras de esgoto foram considerados apenas o tubo PVC, Desta forma, este estudo considerou apenas o (ii) diâmetro do tubo que será determinado através do número de habitantes (dado de entrada) da área a ser esgotada, utilizando-se do quadro 3.4 – relação entre população e diâmetro (apresentado na revisão bibliográfica).

Quanto à (iii) profundidade, foi necessário classificar as redes em relação ao tipo de escoramento (quadro 3.3). As profundidades dos tubos estão diretamente correlacionadas com a declividade do terreno.

Para determinar as profundidades, foram atribuídos percentuais de escoramento (ver quadro 4.4). Neste caso foi utilizada como base de projetos de

---

<sup>7</sup> Solo favorável considera um grau de escavação menos manual, um tipo de solo com menos presença de rocha e distância pequena para transporte de carga de solos (bota-fora).

<sup>8</sup> Baixa urbanização considera percentualmente menos presença de calçadas e asfaltos para recomposição, além de poucas interferências na rede.

<sup>9</sup> Solo desfavorável considera um grau de escavação mais manual, um tipo de solo com maior presença de rocha e distância grandes para transporte de carga de solos (bota-fora).

<sup>10</sup> Alta urbanização considera percentualmente maior presença de calçadas e asfaltos para recomposição, além de mais interferências na rede.

rede coletora, 70 sub-bacias do Projeto Básico de SES Porto Velho – Consórcio HagaplanCobrape.

QUADRO 4.4 – DISTRIBUIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO TIPO DE ESCORAMENTO POR NÍVEL DE TERRENO

Nível de declividade	Sem Escoramento	Pontalete	Descontínuo	Contínuo	Especial	Metálico e Madeira
1	81%	5%	11%	3%		
2	66%	8%	16%	9%	1%	0%
3	57%	7%	16%	14%	5%	1%
4	48%	6%	15%	15%	11%	5%
5	23%	3%	18%	21%	20%	15%

FONTE: Dados do SES de Porto Velho – HagapanCobrape (2008), desenvolvido pelo autor.

Desta forma, é possível obter diferentes custos para redes coletoras por tipo de escoramento, de acordo com o nível de declividade do terreno (dado de entrada).

Então, para se obter o custo da rede, é necessário classificar a área a ser implantada em um dos cinco níveis apresentados (quadro 4.4). O nível de declividade 1 representa o terreno com a maior declividade (favorável a rede) e o nível de declividade 5 representa o terreno mais plano (desfavorável<sup>11</sup> a rede).

Os cálculos das porcentagens por nível de terreno foram considerados e adotados os seguintes parâmetros:

- Porcentagens das extensões nas faixas de escoramentos para cada sub-bacia de acordo com o quadro 4.4;
- Pesos para cada faixa de escoramento, proporcionais aos custos de implantação (preço Sabesp) da respectiva faixa de escoramento;
- Classificação das sub-bacias por ordem crescente em relação à soma dos pesos;
- Foram adotados cinco níveis para classificação crescente das sub-bacias da média aritmética dos escoramentos sendo, de 0 a 10% para o nível 1, de 10 a 30% para o nível 2, de 30 a 60% para o nível 3, de 60 a 90% para o nível 4 e de 90 a 100% para o nível 5;

<sup>11</sup> Terrenos com pouca declividade resultam no aprofundamento da rede, pois, a rede precisa manter uma declividade mínima para satisfazer as condições de tensão trativa que garante o arrasto dos sólidos presentes nos esgotos para a autolimpeza do tubo.



O (v) grau de urbanização também é um fator que pode ter influência direta nos custos das redes, ou seja, quanto mais urbanizada é área de implantação (ou sub-bacia), maior é a chance de encontrar interferências, tais como: redes de distribuição de água, redes de drenagem, redes elétrica e telefônica e travessias (de córregos, rodovias e ferrovias) entre outros casos particulares, além dos custos adicionais de recomposição de calçadas e asfalto.

Outro fator determinante é o (vi) tipo do solo onde as redes serão implantadas. Para diferentes tipos de solo existem diferentes tecnologias de execução que possuem influência direta nos custos.

O resultado para as redes coletoras foram apresentados em R\$/m, em quatro matrizes para cada situação de área de implantação, conforme comentado. Lembrando que para se determinar o custo final da rede de uma área em reais é necessário utilizar-se de taxas de implantação de rede, como por exemplo, 180 a 240 metros/ha<sup>12</sup>, conforme o sistema viário da área de projeto.

#### **4.3.2 Coletores e Interceptores**

Para a obtenção dos custos de coletores troncos e interceptores, foram utilizados os custos atualizados, conforme o método de atualização apresentado, de projetos e obras existentes, também classificados por diâmetro e material.

Comumente as redes coletoras de esgoto, também se observou que os fatores que mais influenciam no custo de coletores e interceptores são: material, diâmetro, profundidade, extensão, grau de urbanização e tipo do solo. Entretanto, os dados de entrada para determinar os custos dos coletores e interceptores foram: diâmetro e extensão.

Desta forma, os custos para coletores e interceptores (verificar nos apêndices) não foram filtrados de acordo com os diferentes graus de urbanização e tipos diferentes de solos. Nestes casos, quando eles ocorrerem, devem ser tratados como particularidades locais da obra.

O resultado final para os custos dos coletores e interceptores foram apresentados em R\$/m. Então, para se determinar o custo final destas obras

---

<sup>12</sup> Estes são valores habituais de projetos, mas o que não impede o cálculo de uma taxa mais precisa para a área de projeto.

lineares é necessário estimar a extensão necessária, de acordo com o estudo de concepção ou alternativas de projetos a serem avaliadas.

#### 4.3.3 Estações Elevatórias de Esgoto

Para a obtenção dos custos de elevatórias de esgoto, foram utilizados os custos atualizados, conforme o método de atualização apresentado, de projetos e obras existentes. Também foi comum observar diferentes custos para mesma vazão de recalque (verificar nos apêndices), por influência dos seguintes fatores:

- (i) Altura manométrica da linha de recalque;
- (ii) Tipo do conjunto bomba utilizado (submersível, reautoescurvante, eixo horizontal, deslocamento positivo, etc.); e
- (iii) Padrão construtivo da estrutura civil da EEE (profundidade do poço, tanque de acúmulo, guindaste, entrada, gerador de energia, etc.).

Entre estes fatores foi observado, na amostra dos custos de EEE, que a altura manométrica é mais ponderável e disponível para análise. Desta forma, foi necessário classificar as alturas manométricas dos conjuntos bombas.

Para se determinar o custo da EEE a ser calculada é necessário conhecer, além da manométrica a vazão da EEE, pois, este é um dado de entrada para o dimensionamento dos conjuntos bombas. Normalmente não se dimensiona por população, embora seja possível determinar a vazão de acordo com a população a ser esgotada.

Para este estudo, propõe-se a seguinte classificação, de acordo com o quadro 4.5 a seguir.

QUADRO 4.5 – CLASSIFICAÇÃO DAS ALTURAS MANOMÉTRICAS PARA CONJUNTOS BOMBAS DAS EES

Altura Manométrica	Classificação
Até 15 m.c.a.	Baixa
De 15 a 30 m.c.a.	Média Baixa
De 30 a 45 m.c.a.	Média Alta
Maior que 45 m.c.a.	Alta

Então, os dados de entrada para se determinar o custo de implantação da EEE são: vazão (L/s) e altura manométrica (m.c.a.).

O padrão construtivo da EEE, também pode influenciar nos custos das EEE, pois, existe uma relação entre o padrão – que define a obra civil da EEE – e tipo do conjunto de bombas. Entretanto, neste estudo não foi verificado o padrão construtivo da EEE, e tão pouco classificado o tipo do conjunto bomba.

#### 4.3.4 Linhas de Recalque (Emissários)

Após a atualização dos custos das linhas de recalque, foi necessário classificá-las de acordo com os materiais, pois, percebeu-se uma grande dispersão dos valores dos materiais (PEAD, PVC, PVC DeFoFo, FoFo, FD, PRFV e RPVC) para o mesmo diâmetro nominal (verificar nos apêndices).

O dado de entrada da equação para se determinar os custos das linhas de recalque é o DN, que na ausência deste dado, pode ser determinado através da vazão com a ajuda da equação 4.3, conhecida como a equação de Bresse.

$$D = K\sqrt{Q} \quad (\text{EQ 4.3})$$

Onde:

$D$  é o diâmetro nominal (m);

$Q$  é a vazão ( $m^3/s$ ); e

$K$  é o coeficiente de Bresser ( $K= 0,7$  a  $1,5$ ).

O valor do coeficiente de Bresser pode ser demonstrado em função da velocidade econômica ( $V$ ) de escoamento da linha de recalque, conforme pode ser observado na equação 4.4.

$$K = \sqrt{\frac{4}{\pi \times V}} \quad (\text{EQ 4.4})$$

Onde:

$K$  é o coeficiente de Bresser ( $K= 0,7$  a  $1,5$ ); e

$V$  é velocidade no tubo ( $0,60$  m/s a  $3,00$  m/s).

Portando, a equação de Bresser adaptada em função da velocidade de escoamento do tubo, resulta na equação 4.5.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (\text{EQ 4.5})$$

Onde:

$D$  é o diâmetro nominal (em m);

$Q$  é a vazão ( $m^3/s$ ); e,

$V$  é velocidade no tubo ( $0,60$  m/s a  $3,00$  m/s).

O resultado da equação 4.5 é expresso num valor de diâmetro nominal - DN não comercial, que deverá ser arredondado para cima, a favor da segurança, para

um DN comercial, ajustando o valor da velocidade no tubo do “novo” DN. Tsutiya & Além Sobrinho (1999) recomendam utilizar-se de velocidades no tubo entre 1,0 a 1,5 m/s para um diâmetro mais econômico.

Desta forma, a equação obtida pelo gráfico do tipo custo por vazão e dada em função DN e apresenta o resultado em R\$/m. Então, para se obter o custo final da linha é necessário conhecer a extensão total. Neste caso, para as extensões, pode-se utilizar os dados do estudo de concepção ou alternativa a ser avaliada.

Há outros dados de entradas que podem influenciar no custo, mas eles podem ser tratados como particularidades regionais e locais, como por exemplo, a profundidade da linha de recalque que pode ser não constante, de acordo com as interferências e tipo de solo.

Outro fator que também pode influenciar nos custos são os dispositivos de proteção da linha de recalque. Os mais comuns são válvula de descarga e ventosa. Então, neste caso a regra é simples, quanto mais dispositivos, maior é o custo da linha.

#### 4.4 METODOLOGIA PARA OS CUSTOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

A metodologia para os custos de tratamento das ETEs consistiu, primeiramente, na classificação dos tipos de processos, conforme descrito adiante. Foi necessário excluir os custos referentes as etapas de tratamento do lodo, quando presentes no orçamento.

Então os custos das ETEs foram atualizados e também classificados por vazão, com exceção dos Lodos Ativados, que tiveram apenas curvas e equações atualizadas, por falta de informações adicionais.

Em geral, os custos de tratamento de esgoto são fornecidos por gráfico do tipo custo por vazão – que tem relação direta com a população, determinado pelo consumo per capita de água, taxa de retorno e coeficientes ( $k_1$ ,  $k_2$  e  $k_3$ ).

Desta forma, as estações de tratamento de esgoto foram analisadas observando a capacidade nominal de projeto e não para o atendimento inicial de plano da população, pois, no início de plano, geralmente as estações se encontram parcialmente ociosas – o que resultaria num custo específico maior para o tratamento.

Os processos de tratamento mais encontrados, na base de dados, foram classificados, como proposição, da seguinte forma:

- (i) Lagoa Facultativa + Maturação;
- (ii) Reatores Anaeróbios do tipo RALF com filtro anaeróbio;
- (iii) Reatores Anaeróbios do tipo RALF com lagoa facultativa;
- (iv) Reatores Anaeróbios do tipo UASB com filtro biológico e decantadores; e,
- (v) Reatores Aeróbios – Lodos Ativados (lodos ativados convencional, lodos ativados por aeração prolongada e lodos ativados de fluxo intermitente).

Então, foram desenvolvidas cinco equações para se determinar os custos de cada processo conforme apresentado (verificar nos apêndices). O dado de entrada para as ETEs é a vazão (L/s).

Apesar dos custos das ETEs dependerem diretamente da tecnologia aplicada, quem dita a regra de qual a melhor tecnologia é o corpo receptor. É ele quem demanda uma determinada eficiência de remoção de carga orgânica, de acordo com as suas características, observando as diretrizes da resolução CONAMA 357/05.

Desta forma, sem um estudo aprofundado, recomenda-se cautela na escolha do sistema de tratamento mais adequado, com outros subsídios de escolha além do custo de implantação, inclusive considerando os custos de operação e custos para compra do terreno – não apresentados neste estudo.

#### 4.5 METODOLOGIA PARA OS CUSTOS TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTOS

Foram desenvolvidos pré-dimensionamentos para o tratamento do lodo, de forma a se obter subsídios suficientes para compor orçamentos (verificar nos apêndices), considerando as produções de ETE do tipo UASB e UASB + LA (lodos ativados), com vazões de 10 L/s, 50 L/s, 100 L/s, 300 L/s e 500 L/s.

Para produção de lodo do UASB foram adotados 0,15 kg SST/kg DQOa, 4,5% de concentração de sólidos (para se determinar o volume de lodo seco), que corresponde a média dos valores apresentados no quadro 3.5, e concentração de 600 mg/L de DQO para o esgoto da entrada da ETE.

Para produção de lodo do UASB + Lodos ativados foram adotados 0,525 kg SST/kg DQOa, 1,0% de concentração de sólidos (para se determinar o volume de lodo seco), que corresponde a média dos valores apresentados no quadro 3.5,

concentração de 600 mg/L de DQO para o esgoto da entrada da ETE, considerando de remoção de 70% de DBO na saída do UASB.

Para efeito de comparação foram pré-dimensionados dois processos de tratamentos de lodo, a saber: (a) leitos secagem e (b) secagem mecanizada por centrífugas. Então, foram obtidos diferentes custos para as faixas de vazões propostas e processos, em condições suficientes para definir curvas de custo para o tratamento do lodo.

No pré-dimensionamento dos leitos de secagem foram adotados valores usuais de projeto, tais como, carga de sólidos de 15 kg/m<sup>2</sup> por ciclo de lodo, sendo o tempo de ciclo 25 dias<sup>13</sup> e a área de cada leito de secagem igual a 50 m<sup>2</sup> (5 x 10 m). Para o pré-dimensionamento dos adensadores<sup>14</sup> (secagem mecanizada) foram utilizados a taxa de aplicação dos sólidos (G) 120 kg/m<sup>2</sup>.dia e profundidade média de 5,00 metros, pois, Jordão & Pessoa (1995) recomendam profundidade entre 4 a 6 metros para adensadores por gravidade.

E por fim, para o pré-dimensionamento das centrífugas (tipo decanter) para secagem mecanizada do lodo, incluiu-se uma unidade reserva, condicionamento do lodo e obra civil.

Os custos do sistema de inertização do lodo para os leitos de secagem contêm os seguintes componentes: depósito (obra civil) para armazenagem da cal, betoneira para a mistura, carrinho de mão para transporte e estrutura coberta com piso para o armazenamento do lodo inertizado. Os custos do sistema de inertização do lodo para os sistemas mecanizados contêm os seguintes componentes: esteira transportadora de lodo, silo de recebimento e armazenagem de cal, dosador volumétrico de cal com moega de recebimento, sistema misturador de lodo e cal (inertização alcalina), transportador de rosca sem fim para cal entre o silo, dosador de cal, transportador de rosca sem fim para cal entre o dosador de cal, misturador lodo/cal e estrutura coberta com piso.

---

<sup>13</sup> O tempo de ciclo de 25 dias é referente ao clima de Curitiba e cidades similares. Para um clima mais favorável (mais quente) é possível reduzir o tempo de ciclo da secagem do lodo para os leitos de secagem, o que viabilizaria mais o uso deste tipo de desaguamento do lodo.

<sup>14</sup> Embora, também exista a alternativa de suprimir os adensadores e retornar e/ou recircular o lodo para a entrada do UASB.

Os pré-dimensionamentos atenderam as seguintes etapas do tratamento do lodo já estabilizado: (i) adensamento, (ii) condicionamento, (iii) desaguamento e (iv) higienização para a disposição final. Desta forma, foram desenvolvidos gráficos dos custos de tratamento e disposição do lodo versus vazão nominal de entrada da ETE, resultando o custo em reais.

#### 4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DOS CUSTOS

Os resultados dos custos dos métodos aplicados para (i) composição de custos de coleta e transporte de esgoto, (ii) composição de custos de tratamento de esgoto e (iii) composição de custos de condicionamento e tratamento de lodo de esgoto foram comparados – adiante – com os custos apresentados na revisão bibliográfica.

Para que esta comparação seja possível, antes foi necessário atualizar os custos obtidos na revisão bibliográfica, de acordo com o mesmo método. Também foi necessário, nos resultados encontrados, realizar transformações de unidades, adotar quantidades e taxas para que a comparação fosse na mesma medida.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados encontrados através da aplicação da metodologia proposta de atualização dos custos de obras e projetos (coletores e interceptores, EEEs, LRs e ETEs), bem como, os resultados obtidos através dos pré-dimensionamentos, de forma a se obter subsídios suficientes para compor orçamentos, para os demais elementos (rede coletora de esgoto e dispositivos de tratamento de lodo) do SES.

### 5.1 CUSTOS DO TRANSPORTE DO ESGOTO

#### 5.1.1 Rede Coletora de Esgoto

Os resultados dos custos das redes coletoras de esgoto, por diâmetro, de acordo com o nível do terreno (1 a 5), conforme proposto no item 4.3.1 podem ser observado nos quadros 5.1 a 5.4 em R\$/m, como segue.

**QUADRO 5.1 CUSTO DA RCE (R\$/m) PARA SOLO FAVORÁVEL E BAIXA URBANIZAÇÃO**

Nível <sup>(1)</sup>	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 350 mm (R\$/m)
1	105,08	124,08	156,71	197,34	228,68
2	124,04	143,40	176,37	217,36	249,04
3	137,97	157,72	191,09	232,47	264,55
4	150,97	171,35	205,36	247,37	280,08
5	196,28	218,70	254,74	298,79	333,53

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de terreno, ver quadro 4.4;

No quadro 5.1 apresentado é possível observar que o custo das RCE tem um acréscimo de até 46% para o DN 150 mm, de acordo com o nível de terreno aumenta. Para o DN 350 mm este acréscimo é de 31%, considerando a mesma situação. Lembrando que o nível 1 possui declividades mais favoráveis ao transporte, e o nível 5 possui declividades menos favoráveis, com terrenos mais planos, o que resulta, conseqüentemente, num aprofundamento da rede.



**QUADRO 5.2 CUSTO DA RCE (R\$/m) PARA SOLO DESFAVORÁVEL E BAIXA URBANIZAÇÃO**

<b>Nível <sup>(1)</sup></b>	<b>DN 150 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 200 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 250 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 300 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 350 mm (R\$/m)</b>
<b>1</b>	129,68	150,75	185,44	228,15	261,56
<b>2</b>	152,17	173,77	209,01	252,26	286,22
<b>3</b>	170,53	192,77	228,65	272,54	307,14
<b>4</b>	190,97	214,24	251,13	296,04	331,66
<b>5</b>	256,89	283,08	322,90	370,73	409,28

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de terreno, ver quadro 4.4;

No quadro 5.2 apresentado observa-se as mesmas características, entretanto, a condição do solo é mais desfavorável. Para o pré-dimensionado deste quadro foi considerado presença de 10% de rocha branda, maior distância da jazida para o transporte de solos e mais escavação e compactação manual, o que resultou numa diferença de aproximadamente 38% para o DN 150 mm e 27% para o DN 350 mm, em relação ao quadro 5.1.

No quadro 5.3 apresenta um solo favorável, mas alta urbanização, com mais interferências e recomposição de pavimento maior, o que resultou numa diferença de aproximadamente 38% para o DN 150 mm e 25% para o DN 350 mm, em relação ao quadro 5.1.

**QUADRO 5.3 CUSTO DA RCE (R\$/m) PARA SOLO FAVORÁVEL E ALTA URBANIZAÇÃO**

<b>Nível <sup>(1)</sup></b>	<b>DN 150 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 200 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 250 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 300 mm (R\$/m)</b>	<b>DN 350 mm (R\$/m)</b>
<b>1</b>	134,85	155,69	190,17	232,67	265,91
<b>2</b>	154,76	175,96	210,80	253,66	287,25
<b>3</b>	169,77	191,37	226,61	269,88	303,87
<b>4</b>	184,04	206,28	242,17	286,08	320,71
<b>5</b>	232,95	257,25	295,20	341,18	377,88

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de terreno, ver quadro 4.4;

No quadro 5.4 apresenta as condições mais extremas com o solo devorável e alta urbanização. O que resultou numa diferença de aproximadamente 51% para o DN 150 mm e 37% para o DN 350 mm, em relação ao quadro 5.1.

**QUADRO 5.4 CUSTO DA RCE (R\$/m) PARA SOLO DESFAVORÁVEL E ALTA URBANIZAÇÃO**

Nível <sup>(1)</sup>	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 350 mm (R\$/m)
1	166,67	190,45	227,94	273,53	309,91
2	190,68	215,05	253,13	299,31	336,29
3	210,87	235,94	274,72	321,60	359,28
4	233,90	260,10	300,01	348,01	386,81
5	307,03	336,39	379,47	430,65	472,62

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de terreno, ver quadro 4.4;

### 5.1.2 Coletores e Interceptores

A seguir estão apresentados os resultados dos custos dos Coletores e Interceptores por faixa de diâmetro nominal – DN. Nos eixos das ordenadas (y) está representado o custo em R\$/m e no eixo das abscissas (x) o diâmetro nominal – DN do tubo, conforme seguem as figuras 5.1 a 5.2. O dado de entrada das equações de potência está em função de “x” e é representada pelo diâmetro nominal – DN do tubo. O resultado está em R\$/m.

Foram utilizados 19 custos com DN's que variam de 200 a 400 mm, inclusive composições de DN's e materiais (PVC, cerâmico e PRFV), conforme detalhado no quadro 5.5.

**QUADRO 5.5 COLETORES E INTERCEPTORES - DN 200 A 400 mm**

N. <sup>(1)</sup>	DN' (mm)	DN (mm)	Material	R\$/m
7	200	200	CERÂMICO	179,48
9	200	200	PVC	214,96
10	200	200	PVC	220,29
11	200	200	PVC	282,32
13	200	200	CERÂMICO	305,45
14	200	200	PVC	306,88

QUADRO 5.5 (CONTINUAÇÃO)

15	200	200	PVC	324,64
23	250	200/250/300	PVC	425,93
29	250	250	PVC	543,25
30	250	250	PVC	550,17
31	300	200/300/400	PVC	620,94
32	250	250	PVC	621,04
33	300	300/400	PVC	631,99
36	300	200/300/400	PVC	712,23
38	300	250/300/350	PVC	740,18
39	300	200/250/300	PVC	778,51
41	350	250/300/350/400/450*	PVC/PRFV*	842,92
45	400	300/400	PVC	1.258,36
46	400	250/400	PVC	1.300,73

NOTA: (1) Número da amostra de dados dos coletores e interceptores, conforme apêndice;

Para classificar os diferentes DN's no mesmo coletor e interceptor foi escolhido um DN', de acordo com melhor relação R\$/m. Os DN's foram marcados com asteriscos para se correlacionar com o material, que foi identificado com a mesma marcação.

A figura 5.1 apresenta a curva e equação para os custos de coletores e interceptores de DN 200 a 400 mm.

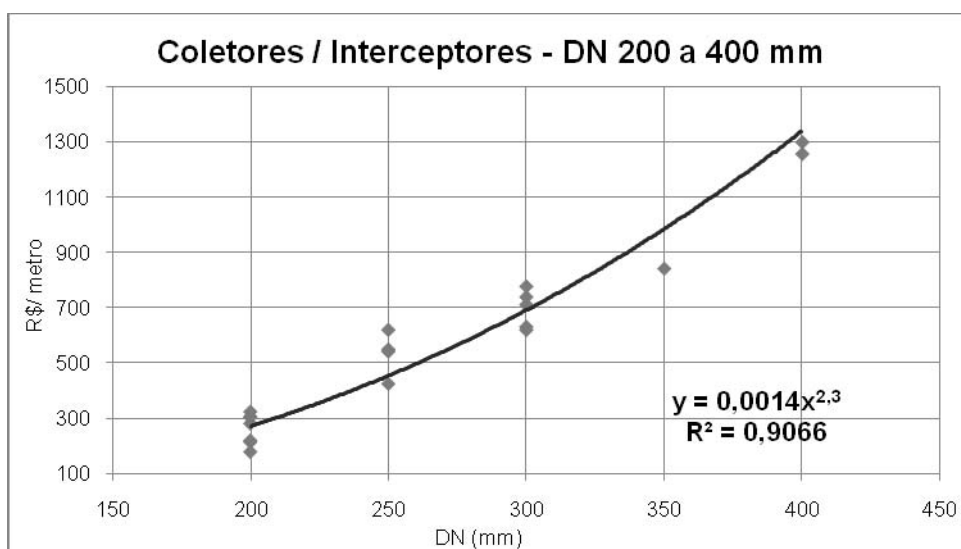


FIGURA 5.1 – CUSTO DOS COLETORES/ INTERCEPTORES – DN 200 A 400 mm

O resultado para os Coletores e Interceptores de DN 200 a 400 mm pode ser representado pela equação 5.1.

$$y = 0,0014 x^{2,3} \quad (\text{EQ 5.1})$$

Para os coletores e interceptores com DN's que variam de 400 a 900 mm foram utilizados 12 custos, inclusive composições de DN's e materiais (PVC, cerâmico e PRFV), conforme mostra o quadro 5.6 a seguir. Para classificar os diferentes DN's no mesmo coletor e interceptor, no quadro 5.6, também foi escolhido um DN', de acordo com relação R\$/m da obra linear. Os DN's foram marcados com asteriscos para se correlacionar com o material, que foi identificado com a mesma marcação.

QUADRO 5.6 COLETORES E INTERCEPTORES - DN 400 A 800 mm

N. <sup>(1)</sup>	DN' (mm)	DN (mm)	Material	R\$/m
26	400	300*/400/450**/500/600	PVC*/PRFV**/CONCRETO	472,31
27	400	500/600	CONCRETO	485,94
34	500	250/400/500*/600*	PVC/CONCRETO*	637,50
37	500	200/250/300/400/500*/600*	PVC/CONCRETO*	723,70
40	500	200/250/400/500*	PVC/CONCRETO*	830,02
43	600	200/250/300/600*	PVC/CONCRETO*	972,69
50	800	800/900	CONCRETO	1.951,81
51	800	400*/500/700/800	PVC*/CONCRETO	2.199,44

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados dos coletores e interceptores, conforme apêndice;

A figura 5.2 para os custos de coletores e interceptores para DN de 400 a 800 mm.

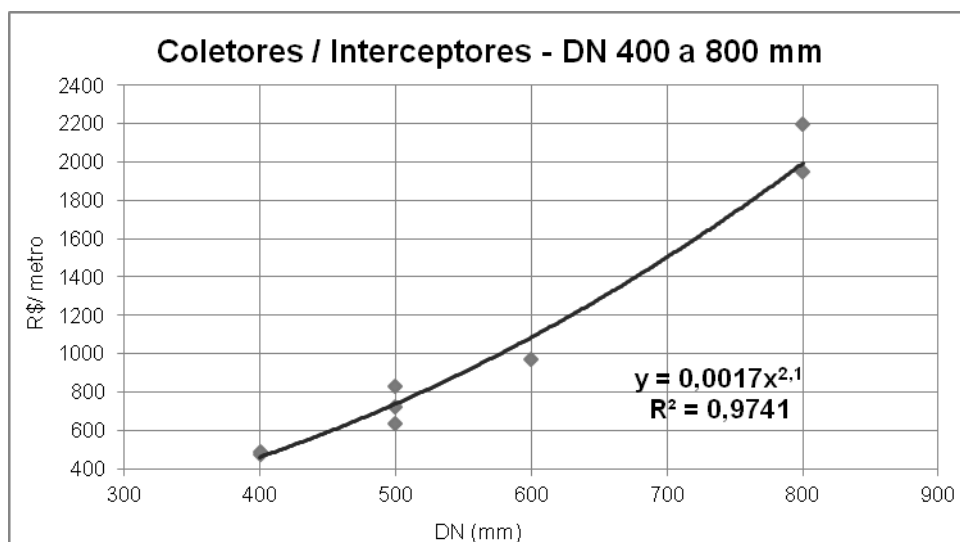


FIGURA 5.2 – CUSTO DOS COLETORES/ INTERCEPTORES – DN 400 A 800 mm

O resultado para os Coletores e Interceptores de DN 400 a 800 mm pode ser representado pela equação 5.2.

$$y = 0,0017 x^{2,1} \quad (\text{EQ 5.2})$$

### 5.1.3 Estações Elevatórias de Esgoto

A seguir estão apresentados os resultados para as estações elevatórias de esgoto – EEEs, conforme proposto na metodologia, considerando as diferentes classificações das alturas manométricas. Nos eixos das ordenadas (y) estão expressos os custos das unidades (R\$ 1.000) e nos eixos das abscissas (x) a vazão média da EEE em L/s, conforme segue as figura 5.3 a 5.6. A função das equações “x” é a vazão em L/s e o resultado é dado em reais.

O quadro 5.7 a seguir mostra a relação das 10 estações elevatórias de esgoto para alturas manométricas de até 15 m.c.a. que foram consideradas para determinar a equação da figura 5.3.

QUADRO 5.7 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO –  $H_{\text{man}}$  ATÉ 15 m.c.a.

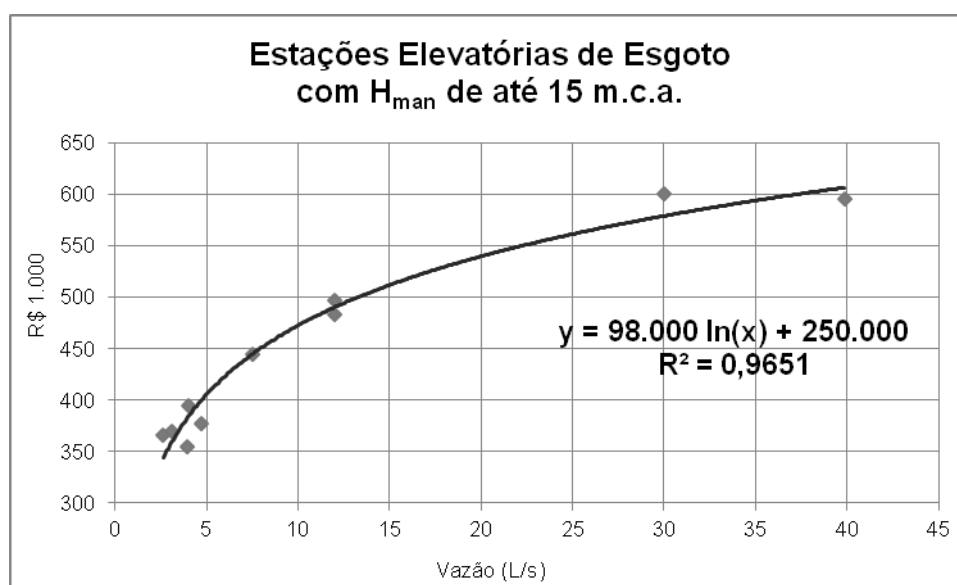
N. <sup>(1)</sup>	Vazão Média (L/s)	Altura Manométrica (m.c.a)	Valor (R\$)
1	3,94	4,32	354.454,91
14	2,64	8,35	365.610,69
10	3,12	9,26	370.107,45

QUADRO 5.7 (CONTINUAÇÃO)

11	4,75	11,19	376.877,14
22	3,99	11,55	394.869,92
32	7,50	14,81	445.098,75
20	12,00	11,77	482.770,60
21	12,00	8,96	496.402,47
55	39,87	12,63	595.183,95
34	30,00	4,19	599.872,93

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações elevatórias de esgoto, conforme apêndice;

Percebe-se que as estações elevatórias de esgoto nesta faixa de altura manométrica também não possuem grande vazão, variando de 2,64 L/s a 39,87 L/s, como é apresentado na figura a seguir.

FIGURA 5.3 – CUSTO DE EEE COM  $H_{man}$  DE ATÉ 15 m.c.a

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  de até 15 m.c.a pode ser representado pela equação 5.3.

$$y = 98.000 \ln(x) + 250.000 \quad (\text{EQ 5.3})$$

A linha de tendência que melhor representou os custos das estações elevatórias de esgoto  $h_{man}$  até 15 m.c.a. foi a logarítmica, pois, foi observado que mesmo para elevatórias pequenas é necessário uma estrutura civil mínima, mas com o acréscimo de vazão este custo vai se diluindo com o ganho em escala.

O quadro 5.8 a seguir mostra a relação das 21 estações elevatórias de esgoto para alturas manométricas de até 15 a 30 m.c.a. que foram consideradas para determinar a equação da figura 5.4.

QUADRO 5.8 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO –  $H_{\text{man}}$  DE 15 A 30 m.c.a.

N. <sup>(1)</sup>	Vazão Média (L/s)	Altura Manométrica (m.c.a)	Valor (R\$)
24	3,10	29,50	157.970,53
12	5,20	19,58	246.180,00
17	7,00	22,15	250.138,10
37	8,00	29,65	250.138,10
28	4,00	25,50	268.130,17
29	5,00	22,40	268.130,17
64	8,00	24,86	268.560,00
30	6,70	17,64	333.287,83
18	5,00	15,47	337.262,75
31	5,00	27,83	397.737,11
60	20,05	25,52	399.797,88
42	12,00	17,68	511.584,07
44	19,00	15,21	512.803,59
57	35,00	19,60	531.865,21
54	20,00	20,85	537.019,42
71	40,00	21,46	578.141,84
56	40,00	16,24	595.806,94
76	60,00	24,45	831.458,18
100	310,00	19,32	973.530,00
97	310,00	16,80	1.074.240,00
101	380,00	23,10	1.208.520,00

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações elevatórias de esgoto, conforme apêndice;

Percebe-se que as estações elevatórias de esgoto nesta faixa de altura manométrica possuem uma vazão maior, variando de 3,10 L/s a 380,00 L/s, como é apresentado na figura a seguir.

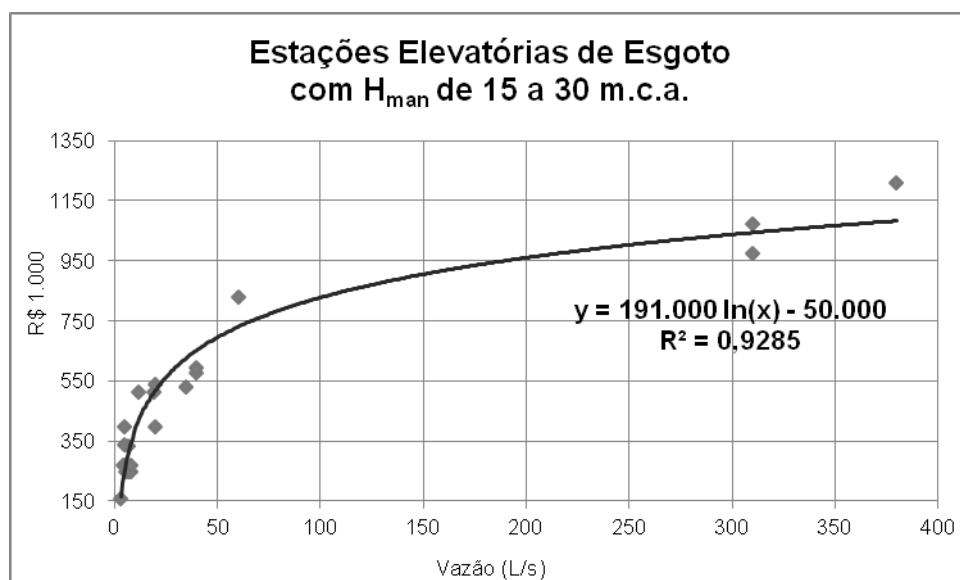


FIGURA 5.4 – CUSTO DE EEE COM  $H_{\text{man}}$  DE 15 A 30 m.c.a.

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{\text{man}}$  de 15 até 30 m.c.a pode ser representado pela equação 5.4.

$$y = 191.000 \ln(x) + 50.000 \quad (\text{EQ 5.4})$$

A linha de tendência que melhor representou os custos das estações elevatórias de esgoto  $h_{\text{man}}$  até 15 a 30 m.c.a. também foi a logarítmica. O acréscimo de vazão faz o custo inicial da unidade ser diluído com o ganho em escala.

O quadro 5.9 a seguir mostra a relação das 14 estações elevatórias de esgoto para alturas manométricas de até 30 a 45 m.c.a. que foram consideradas para determinar a equação da figura 5.5.

QUADRO 5.9 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO –  $H_{\text{man}}$  DE 30 A 45 m.c.a

N. <sup>(1)</sup>	Vazão Média (L/s)	Altura Manométrica (m.c.a)	Valor (R\$)
50	5,31	39,83	170.516,24
36	4,00	34,86	257.370,00
38	3,00	33,75	336.705,65
40	6,00	32,18	436.947,77
43	7,00	38,72	511.628,66
75	20,00	41,49	574.454,74
78	40,00	33,22	803.803,49

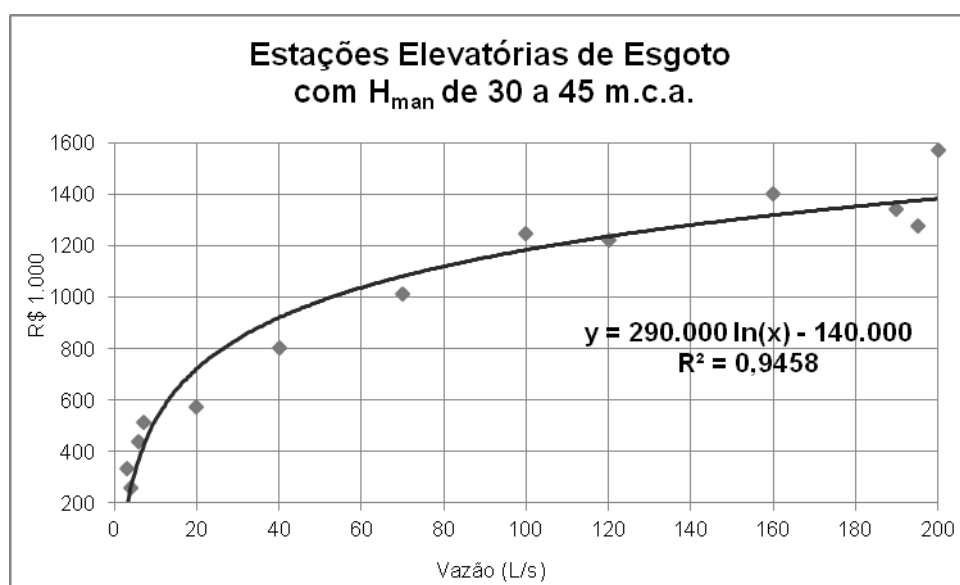


QUADRO 5.9 (CONTINUAÇÃO)

83	70,00	38,08	1.014.630,80
86	120,00	33,30	1.222.150,19
87	100,00	35,49	1.246.138,33
95	195,00	31,34	1.276.027,67
99	190,00	36,37	1.342.870,24
98	160,00	44,25	1.402.399,72
102	200,00	44,00	1.569.524,23

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações elevatórias de esgoto, conforme apêndice;

Percebe-se que as estações elevatórias de esgoto nesta faixa de altura manométrica possuem uma vazão intermediária de até 200,00 L/s, como é apresentado na figura 5.5.

FIGURA 5.5 – CUSTO DE EEE COM  $H_{man}$  DE 30 A 45 m.c.a.

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  de 30 até 45 m.c.a pode ser representado pela equação 5.5.

$$y = 290.000 \ln(x) + 140.000 \quad (\text{EQ 5.5})$$

Na figura 5.5 também é possível observar que a linha de tendência escolhida para representar os custos das estações elevatórias de esgoto  $h_{man}$  até 30 a 45 m.c.a. foi a logarítmica.

O quadro 5.10 a seguir mostra a relação das 12 estações elevatórias de esgoto para alturas manométricas acima de 45 m.c.a. que foram consideradas para determinar a equação da figura 5.6.

QUADRO 5.10 ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO –  $H_{\text{man}}$  ACIMA DE 45 m.c.a.

N. <sup>(1)</sup>	Vazão Média (L/s)	Altura Manométrica (m.c.a)	Valor (R\$)
41	6,00	45,15	348.690,64
51	5,53	46,40	317.922,70
59	5,00	63,00	388.627,87
61	5,00	56,86	174.662,26
62	5,01	56,89	186.584,84
63	4,81	64,06	178.136,93
65	8,49	53,30	312.951,14
69	4,93	74,48	173.092,52
81	30,00	61,00	942.284,57
96	55,00	77,00	1.370.552,49
103	170,00	83,00	3.355.444,93
105	260,00	59,00	3.395.166,13

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações elevatórias de esgoto, conforme apêndice;

Percebe-se que as estações elevatórias de esgoto nesta faixa de altura manométrica possuem vazões maiores, que variam de aproximadamente 5 a 260,00 L/s. A altura manométrica também varia bastante até 83,00 m.c.a., como é apresentado na figura 5.6, que também apresentou linha de tendência logarítmica, com um  $R^2$  de 0,9274 que mostra uma boa relação entre os pontos e a curva encontrada.

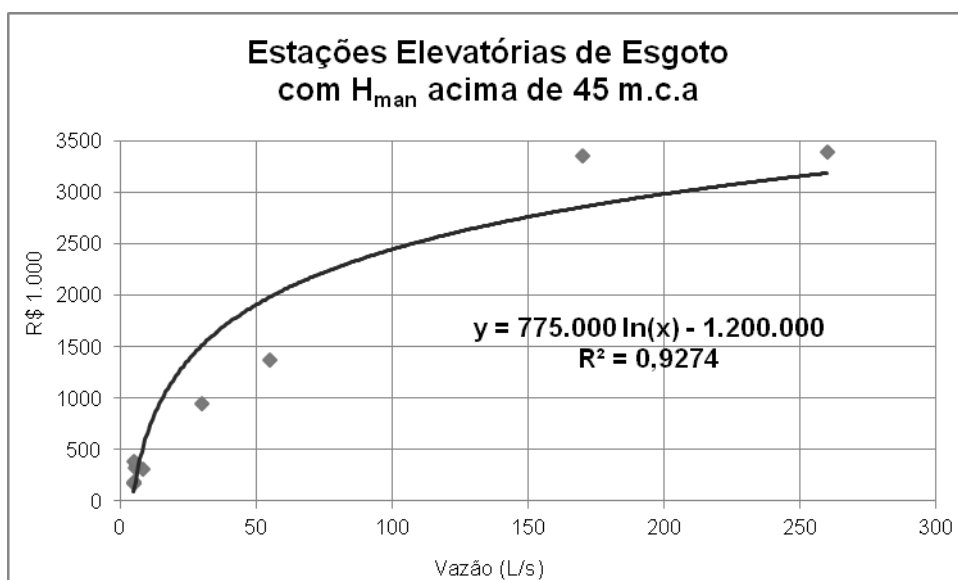


FIGURA 5.6 – CUSTO DE EEE COM  $H_{MAN}$  ACIMA DE 45 m.c.a

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  acima de 45 m.c.a pode ser representado pela equação 5.6.

$$y = 775.000 \ln(x) - 1.200.000 \quad (\text{EQ 5.6})$$

Na figura 5.7 é apresentado o resumo das estações elevatórias de esgoto com todas as faixas de alturas manométricas para comparação. Foi possível perceber os diferentes comportamentos por faixa de vazão, principalmente para as alturas manométricas acima de 30 m.c.a. Também é possível observar que para as vazões médias das EEEs abaixo de 50 L/s linhas manométricas de até 15 e até 30 m.c.a. estão bem próximas.

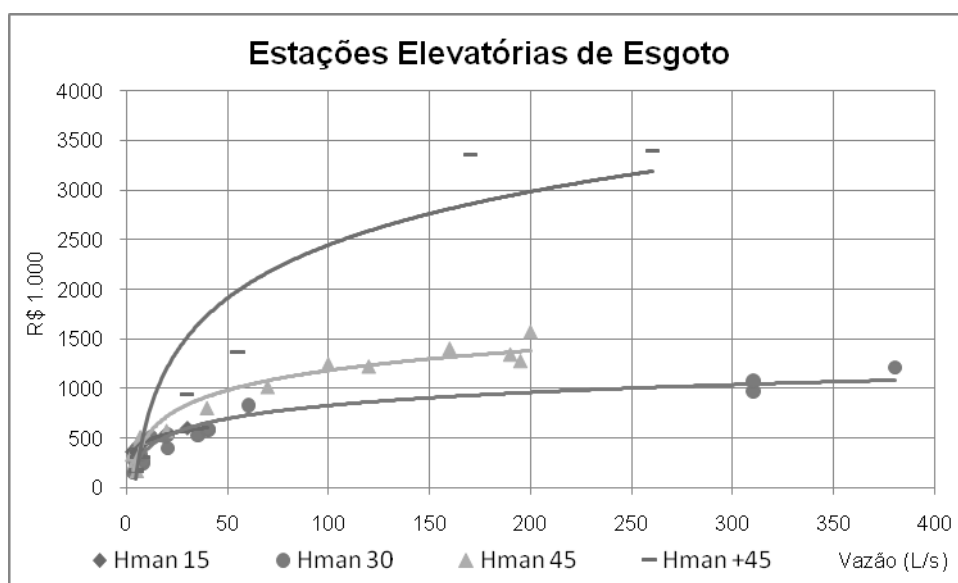


FIGURA 5.7 – RESUMO DOS CUSTOS DAS EEEs

#### 5.1.4 Linhas de Recalque

A seguir estão apresentados os resultados dos custos para as linhas de recalque, também denominadas como emissários, conforme proposto na metodologia. Nos eixos das ordenadas (y) está expresso o custo por metro linear (R\$/m) e nos eixos das abscissas (x) o diâmetro nominal – DN do tubo em mm, conforme seguem as figuras 5.8 a 5.11.

As linhas de recalque foram classificadas de acordo com o material, pois, percebeu-se uma grande variação entre os diferentes tipos de materiais. O quadro 5.11 apresenta 15 linhas de recalque de PEAD, consideradas para determinar a curva e equação.

QUADRO 5.11 LINHAS DE RECALQUE - PEAD

N. <sup>(1)</sup>	DN (mm)	Material	(R\$/m)
30	75	PEAD	133,75
31	90	PEAD	136,32
35	90	PEAD	138,14
39	90	PEAD	143,31
44	90	PEAD	160,87
55	110	PEAD	200,06
56	110	PEAD	201,17
66	160	PEAD	236,45
67	125	PEAD	237,10
87	180	PEAD	298,28
92	200	PEAD	307,09
93	250	PEAD	311,61
94	250	PEAD	311,61
102	225	PEAD	346,12
120	400	PEAD	521,31

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das linhas de recalque, conforme apêndice;

O DN para o material PEAD variou de 75 a 400 mm na amostra de dados do quadro 5.11. Percebe-se um acréscimo proporcional no valor por metro conforme o diâmetro aumenta.

A equação que melhor pode exprimir os custos para as linhas de recalque para o material PEAD foi a equação do tipo potência, figura 5.8. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN da linha de recalque.

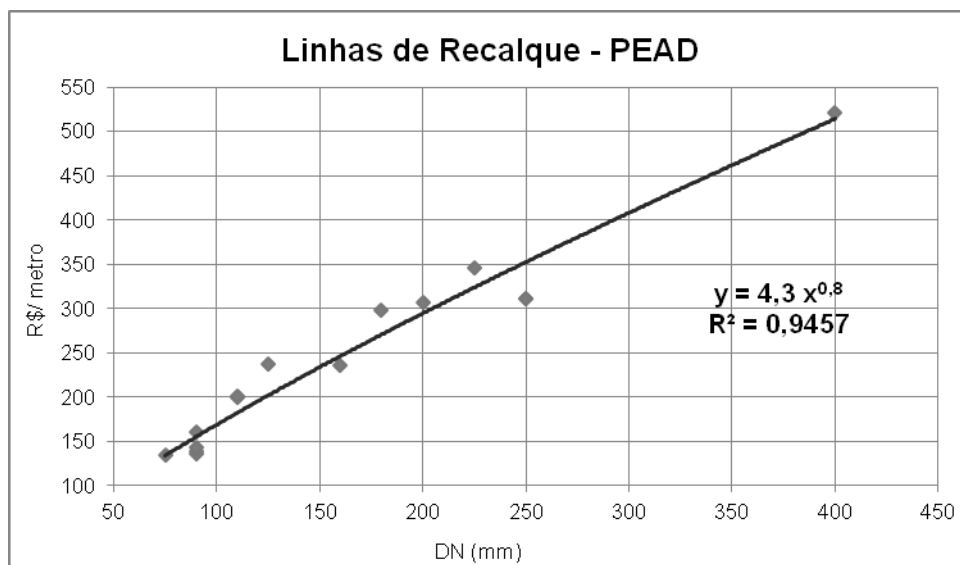


FIGURA 5.8 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – PEAD

O resultado para as Linhas de Recalque para o material PEAD pode ser representado pela equação 5.7.

$$y = 4,3 x^{0,8} \quad (\text{EQ 5.7})$$

O quadro 5.12 apresenta 14 linhas de recalque de PVC DeFoFo, consideradas para determinar a curva e equação. O DN para o material PVC DeFoFo variou de 75 a 300 mm.

QUADRO 5.12 LINHAS DE RECALQUE – PVC DEFOFO

N. <sup>(1)</sup>	DN (mm)	Material	(R\$/m)
14	75	PVC DEFoFo	75,01
16	100	PVC DEFoFo	86,27
20	100	PVC DEFoFo	92,57
33	100	PVC DEFoFo	137,96
27	150	PVC DEFoFo	127,71

QUADRO 5.12 (CONTINUAÇÃO)

43	150	PVC DEFoFo	157,29
46	200	PVC DEFoFo	163,55
47	200	PVC DEFoFo	164,23
57	200	PVC DEFoFo	204,13
54	250	PVC DEFoFo	196,46
68	300	PVC DEFoFo	241,92
72	300	PVC DEFoFo	249,01
74	300	PVC DEFoFo	254,91

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das linhas de recalque, conforme apêndice;

Para as linhas de recalque de PVC DeFoFo também observou-se um acréscimo proporcional no valor R\$/m conforme o diâmetro aumenta, porém este valor mostrou-se mais econômico em relação ao PEAD. Entretanto, os transientes hidráulicos da linha que recalque também podem influenciar na escolha do tubo, pois, é necessário que o material escolhido suporte as pressões positivas e negativas da linha.

A equação escolhida para representar os custos das linhas de recalque de material PVC e DeFoFo (figura 5.9) foi a do tipo potência. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN da linha de recalque. O resultado é expresso em R\$/m. Neste caso também nota-se um bom “r<sup>2</sup>” da equação. O quadro 5.13 apresenta 14 linhas de recalque de FoFo, consideradas para determinar a curva e equação.

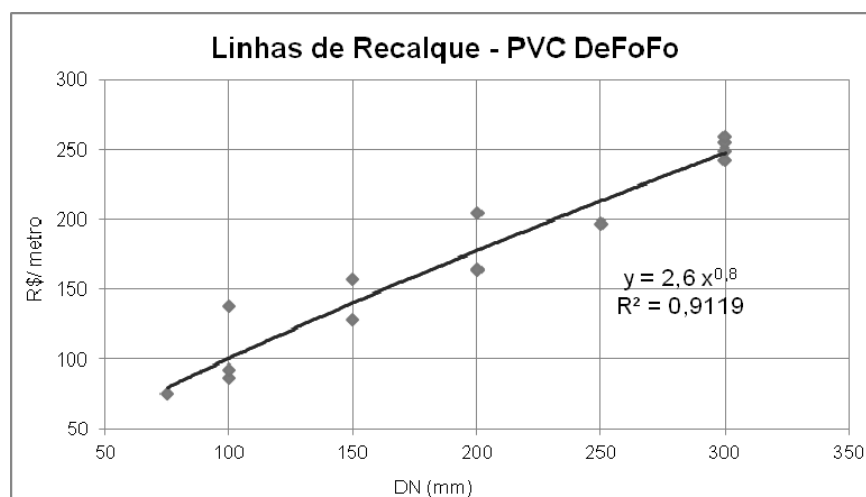


FIGURA 5.9 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – PVC DEFOFO

O resultado para as Linhas de Recalque para o material PVC DeFoFo pode ser representado pela equação 5.8.

$$y = 2,6 x^{0,8} \quad (\text{EQ 5.8})$$

O DN para o material FoFo variou de 75 a 400 mm na amostra de dados do quadro 5.13. Neste caso percebe-se um decréscimo proporcional no valor por metro conforme o diâmetro aumenta, ou seja, o uso do material FoFo para as linhas de recalque tornam-se mais interessante para DN a partir de 300 mm.

QUADRO 5.13 LINHAS DE RECALQUE – FOFO

N. <sup>(1)</sup>	DN (mm)	Material	(R\$/m)
73	75	FoFo	251,61
81	75	FoFo	279,12
80	80	FoFo	278,00
90	80	FoFo	302,49
85	100	FoFo	297,61
99	150	FoFo	333,38
100	150	FoFo	334,86
103	150	FoFo	352,05
106	150	FoFo	365,19
116	200	FoFo	483,99
119	300	FoFo	515,92
118	400	FoFo	510,29
122	400	FoFo	551,92

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das linhas de recalque, conforme apêndice;

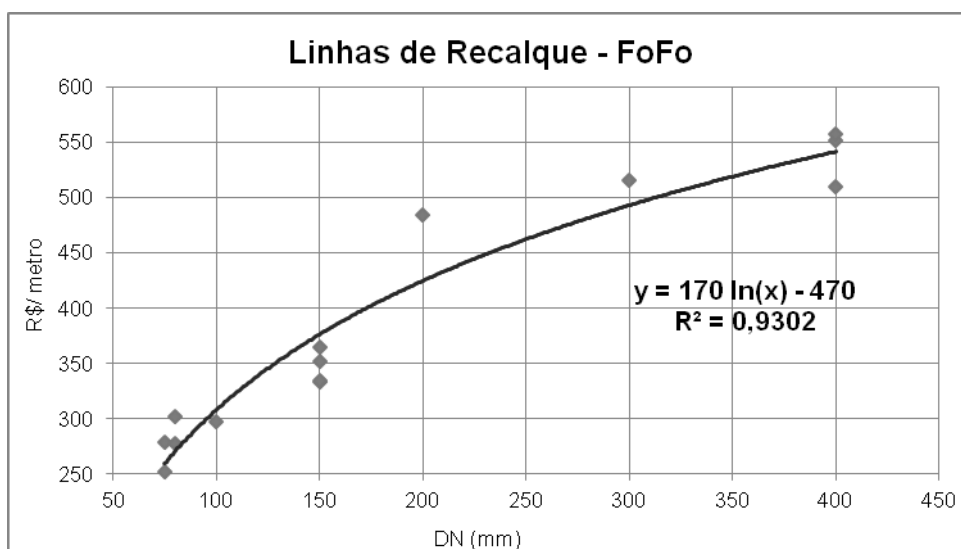


FIGURA 5.10 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – FOFO

O resultado para as Linhas de Recalque para o material FoFo pode ser representado pela equação 5.9.

$$y = 170 \ln(x) - 470 \quad (\text{EQ 5.9})$$

A equação 5.8 escolhida para representar os custos da figura 5.10 foi a logarítmica, pois, conforme o DN aumenta observou-se uma leve acentuação dos custos. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN da linha de recalque.

O resultado é expresso em R\$/m. Neste caso também nota-se um bom “r<sup>2</sup>” da equação. O quadro 5.14 apresenta 12 linhas de recalque de PRFV e RPVC, consideradas para determinar a curva e equação.

QUADRO 5.14 LINHAS DE RECALQUE – PRFV / RPVC

N. <sup>(1)</sup>	DN (mm)	Material	(R\$/m)
29	150	RPVC JE	131,95
52	100	RPVC JE	177,91
60	200	RPVC JE	214,35
61	200	RPVC JE	214,60
88	250	RPVC JE	299,81
91	400	PRFV	303,07
96	300	RPVC JE	317,35



QUADRO 5.14 (CONTINUAÇÃO)

104	450	PRFV	353,58
105	450	PRFV	353,58
109	400	RPVC JE	379,48
112	500	PRFV	416,72
121	600	PRFV	543,00

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das linhas de recalque, conforme apêndice;

Os DN's para os materiais PRFV e RPVC variaram de 150 a 500 mm na amostra de dados do quadro 5.14. Neste caso percebe-se uma proporcionalidade entre os valores por metro por diâmetro, mas com o valor bastante atrativo para estes materiais considerados alternativos para toda a faixa de DN's.

Neste caso, como se observa na figura 5.11, foi adotado a equação linear para representar os custos das linhas de recalque – PRFV / RPVC. Apesar de haver dois tipos diferentes de materiais na mesma curva o “ $r^2$ ” ficou próximo à 0,90. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN da linha de recalque. O resultado é expresso em R\$/m.

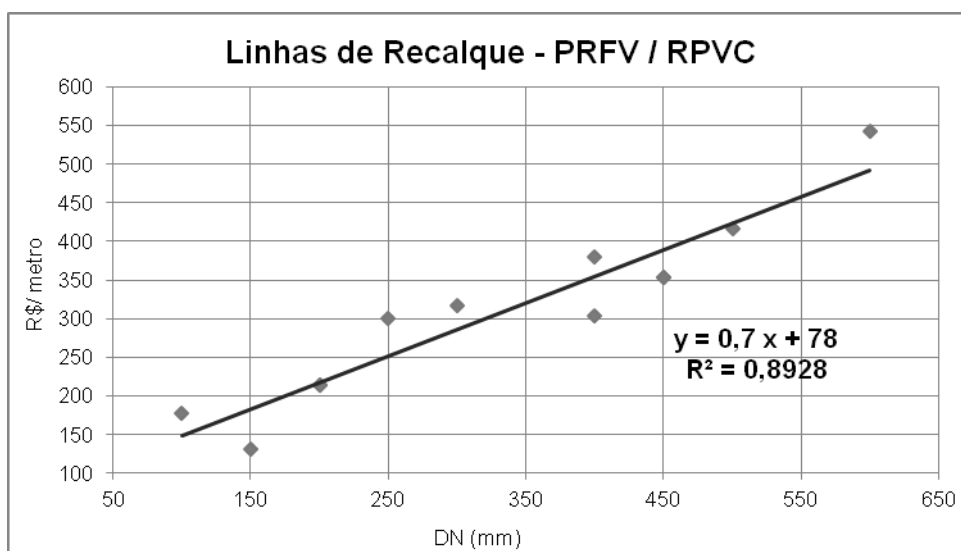


FIGURA 5.11 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE – PRFV / RPVC

O resultado para as Linhas de Recalque para os materiais PRFV e RPVC pode ser representado pela equação 5.10.

$$y = 0,7 x + 78 \quad (\text{EQ 5.10})$$

O resumo das linhas de recalque com os diferentes tipos de materiais, a efeito de comparação, pode ser observado na figura 5.12. Percebeu-se que o PVC

DEFoFo é o mais econômico até DN 300 mm, seguido do PRFV e RPVC DN's superiores.

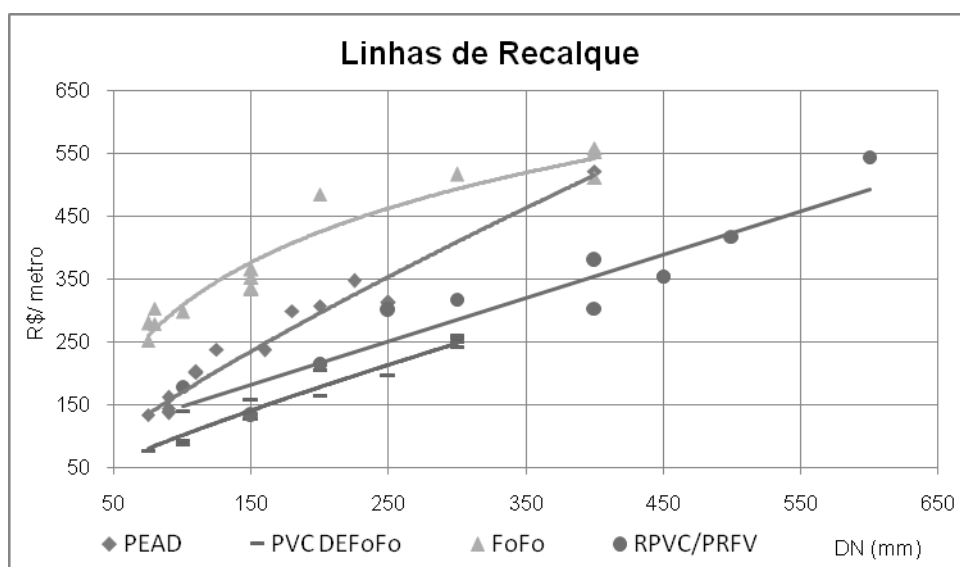


FIGURA 5.12 – CUSTO DE LINHAS DE RECALQUE

## 5.2 CUSTOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

A seguir estão apresentados os resultados das estações de tratamento de esgoto – ETEs, por processo de tratamento, conforme proposto. Nos eixos das ordenadas (y) está representado o custo da ETE (R\$ 1.000) e nos eixos das abscissas (x) representada a vazão média da ETE em L/s, conforme seguem as figuras 5.12 a 5.15.

O quadro 5.15 a seguir mostra os dados de lagoa facultativa associada com lagoa de maturação. Quando se calculou o custo per capita para lagoa facultativa do quadro 5.15 percebeu-se que variou de aproximadamente R\$1.000/hab para a vazão menor até aproximadamente R\$310/hab, mantendo uma média próxima de R\$500/hab.

QUADRO 5.15 LAGOA FACULTATIVA + MATURAÇÃO

N. <sup>(1)</sup>	Localidade / denominação	Vazão Média (L/s)	População (hab)	Custo (R\$)
4	Mirassolândia SP	2,50	1.367	1.409.075,55
41	Juritis SP	4,00	2.304	1.454.700,00
42	Nova Cardoso SP	5,00	2.880	1.454.700,00
44	Guarapiranga SP	8,00	4.608	1.902.300,00

QUADRO 5.15 (CONTINUAÇÃO)

45	Murutinga do Sul SP	15,00	8.640	2.685.600,00
46	Borebi SP	19,00	10.944	2.461.800,00

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações de tratamento de esgoto, conforme apêndice;

O fato do custo *per capita* das lagoas decrescer proporcionalmente ao aumento da vazão, pode justificar a escolha da linha de tendência logarítmica, conforme apresentado na figura 5.13. A entrada da equação é dada em função de “x” que é a vazão média da ETE. O resultado é expresso em reais.

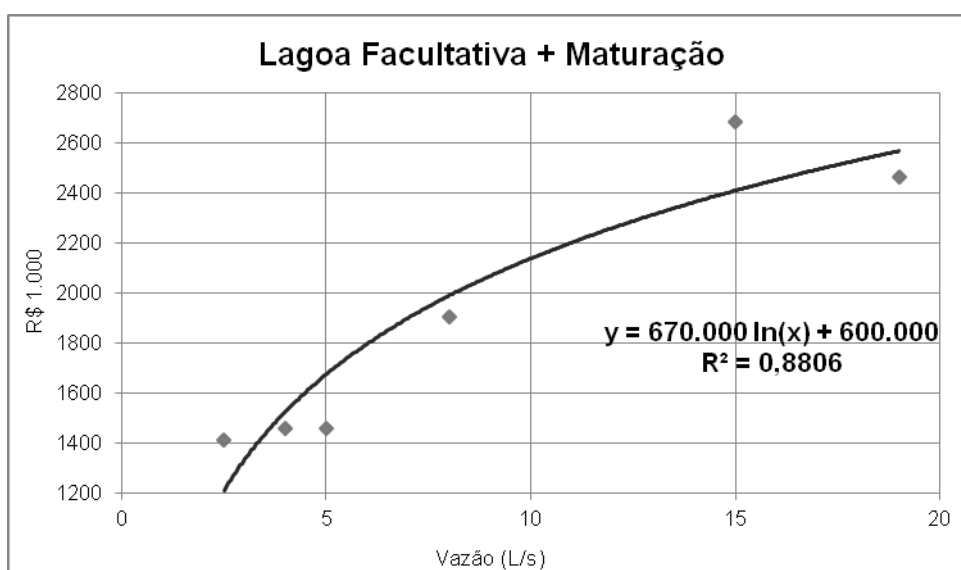


FIGURA 5.13 – CUSTO DE ETE – LAGOA FACULTATIVA + MATURAÇÃO

O resultado para Lagoa Facultativa + Maturação pode ser representado pela equação 5.11.

$$y = 670.000 \ln(x) + 600.000 \quad (\text{EQ 5.11})$$

O quadro 5.16 mostra os dados dos reatores anaeróbios do tipo RALF com filtros anaeróbios. Quando se calculou o custo per capita (R\$/hab) para reatores anaeróbios (ver quadro 5.16) também se percebeu uma variação decrescente com o acréscimo da vazão. A média per capita ficou próxima de R\$225/hab.

QUADRO 5.16 ETE – RALF + FILTRO ANAERÓBIO

N. <sup>(1)</sup>	Localidade / denominação	Vazão Média (L/s)	População (hab)	Custo (R\$)
12	Pato Branco PR - ETE São João	2,44	1.509	364.589,92
15	Ponta Grossa PR - ETE Santa Bárbara	4,08	2.940	943.399,62

QUADRO 5.16 (CONTINUAÇÃO)

31	Antônio Olinto PR - ETE Colaço	5,00	3.600	869.205,07
35	São José da Boa Vista PR - ETE Pescaria	5,00	3.600	1.236.990,49
30	Ceú Azul PR	10,00	7.200	1.221.369,62
39	Marmeleiro PR	25,00	18.000	2.170.631,48

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações de tratamento de esgoto, conforme apêndice

O fato do custo *per capita* decrescer proporcionalmente ao aumento da vazão, também pode justificar a escolha da linha de tendência logarítmica para os reatores anaeróbios, conforme apresentado na figura 5.14.

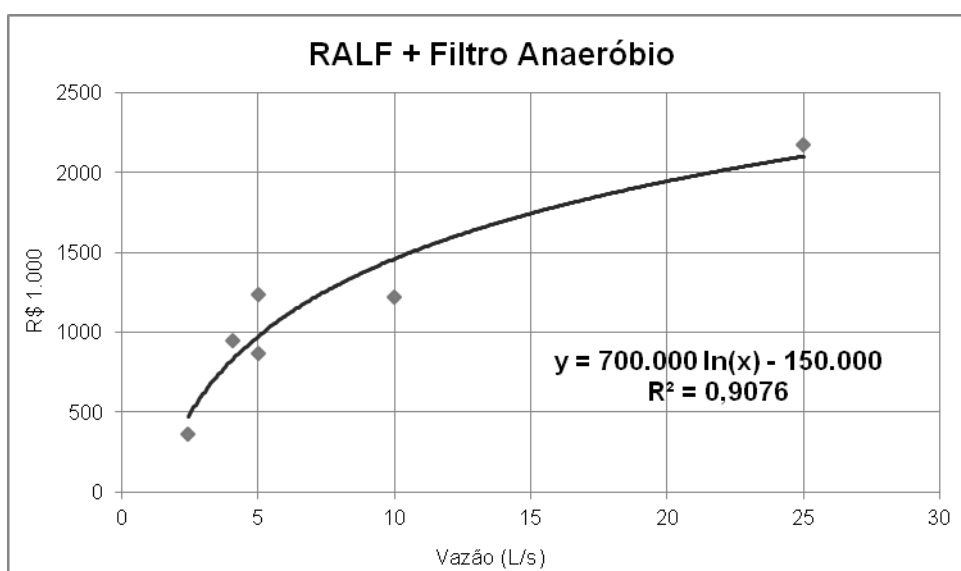


FIGURA 5.14 – CUSTO DE ETE – RALF + FILTRO ANAERÓBIO

O resultado para as ETEs do tipo Ralf + Filtro Anaeróbio pode ser representado pela equação 5.12. A entrada da equação é dada em função de “x” que é a vazão média da ETE e o resultado é expresso em R\$.

$$y = 700.000 \ln(x) + 150.000 \quad (\text{EQ 5.12})$$

O quadro 5.17 mostra os dados dos reatores anaeróbios do tipo RALF com lagoa facultativa. A média per capita (R\$/hab) ficou próxima de R\$150/hab.

QUADRO 5.17 ETE – RALF + LAGOA FACULTATIVA

N. <sup>(1)</sup>	Localidade / denominação	Vazão Média (L/s)	População (hab)	Custo (R\$)
11	Itaipulândia PR	7,02	3.692	861.091,01
20	Santo Antônio do Sudoeste PR	21,34	12.618	1.587.951,53
17	Ponta Grossa PR - ETE Santa Marta	8,70	6.265	2.040.428,99
14	Ponta Grossa PR - ETE Congonhas	46,06	33.161	3.791.961,18

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações de tratamento de esgoto, conforme apêndice

A equação escolhida para representar os custos da ETE do tipo Ralf + Lagoa Facultativa foi a equação linear, conforme apresentado na figura 5.15.

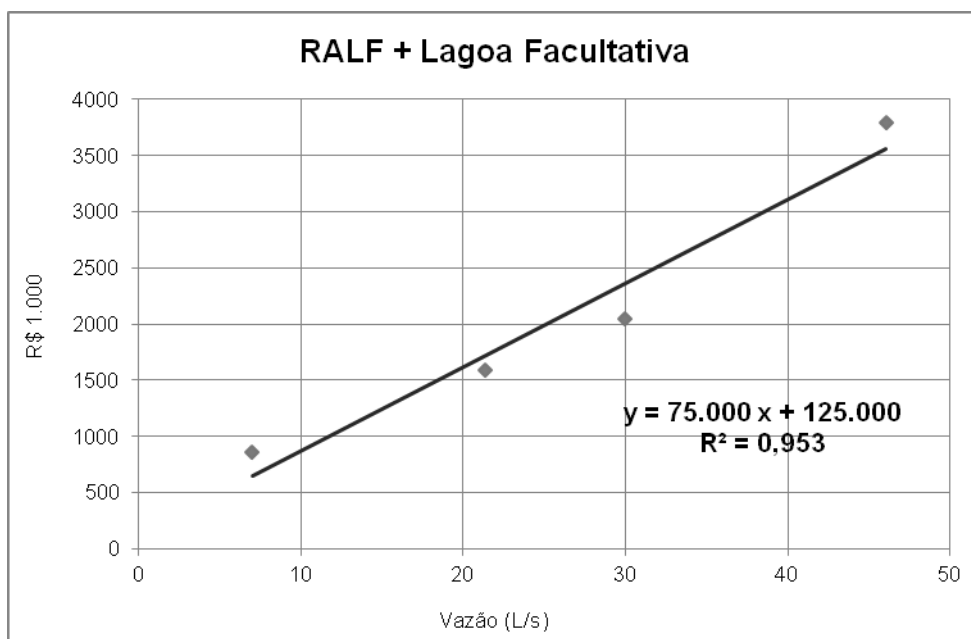


FIGURA 5.15 – CUSTO DE ETE – RALF + LAGOA FACULTATIVA

O resultado para as ETEs do tipo Ralf + Lagoa facultativa pode ser representado pela equação 5.13, onde a entrada da equação é dada em função de “x” que é a vazão média da ETE e o resultado é expresso em R\$.

$$y = 75.000 x + 125.000 \quad (\text{EQ 5.13})$$

Na sequência o quadro 5.18 mostra os dados dos reatores anaeróbios do tipo UASB com filtros biológicos percoladores mais decantadores secundários.

QUADRO 5.18 ETE – UASB + FILTRO BIOLÓGICOS + DECANTADOR

N. <sup>(1)</sup>	Processo	Vazão Média (L/s)	População (hab)	Custo (R\$)
16	Ponta Grossa PR - ETE Gertrudes	37,53	27.024	3.524.709,18
27	Rolândia PR - ETE Bandeirante Cervin	40,00	28.800	4.768.415,39
33	Campo Largo PR - ETE Itaqui	40,00	28.800	5.993.889,01
28	Araucária PR - ETE Cachoeira	80,00	57.600	7.764.457,94
29	Arapongas PR - ETE Campinho	80,00	57.600	9.047.717,28
37	Londrina PR - ETE Esperança	80,00	57.600	12.263.722,96
8	Serrana SP	100,26	56.541	15.062.757,23
5	Olímpia SP	112,73	60.869	15.308.651,24
36	Toledo PR - ETE Sul	160,00	115.200	19.923.942,97
26	Arapongas PR - ETE Bandeirante	160,00	115.200	23.939.940,61

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações de tratamento de esgoto, conforme apêndice;

Quando se calculou o custo per capita para os UASBs do quadro 5.17 percebeu-se uma taxa de custo por população constante com o acréscimo da vazão. A média do custo *per capita* ficou próxima de R\$190/hab.

Desta forma, para os reatores anaeróbios do tipo UASB a linha de tendência escolhida para representar os seus custos foi a equação de potência, conforme observa-se na figura 5.16, que apresentou um bom “r<sup>2</sup>”. A entrada da equação é dada em função de “x” que é a vazão média da ETE.

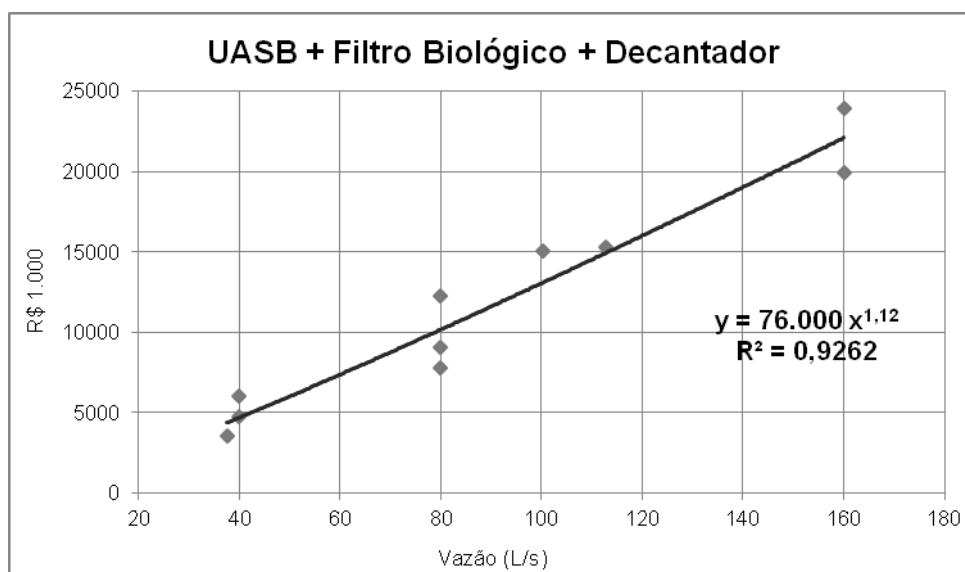


FIGURA 5.16 – CUSTO DE ETE – UASB + FILTRO BIOLÓGICO + DECANTADOR

O resultado para ETE do tipo UASB + Filtro Biológico + Decantador pode ser representado pela equação 5.14.

$$y = 76.000 x^{1,12} \quad (\text{EQ 5.14})$$

Na sequência, o quadro 5.19 é possível observar os dados de 12 reatores aeróbios – lodos ativados. As fontes das informações foram através da atualização das curvas de Nunes *et al.* (2005) e do Atlas das Regiões Metropolitanas do Consórcio Cobrape-Engecorps-Geoambiente (2008).

Quando se calculou o custo per capita para os reatores aeróbios do tipo lodos ativados do quadro 5.19 também percebeu-se uma taxa de custo por população constante com o acréscimo da vazão. A média per capita ficou próxima de R\$200/hab.

QUADRO 5.19 ETE – REATORES AERÓBIOS – LODOS ATIVADOS

N. <sup>(1)</sup>	Processo	Vazão Média (L/s)	População (hab)	Custo (R\$)
21	Lodos Ativados por Batelada	14,90	8.046,0	2.133.047,79
64	Lodos Ativados por Aeração Prolongada	48,61	35.000	7.030.800,00
87	Lodo ativado batelada	138,89	100.000	12.884.917,50
86	Lodo ativado aeração prolongada	138,89	100.000	13.378.545,83
73	Lodos Ativados c/ Desnitrificação	138,89	100.000	16.054.255,00

QUADRO 5.19 (CONTINUAÇÃO)

88	Lodo ativado Convencional	138,89	100.000	18.981.515,00
70	Lodos Ativados por Batelada	104,17	75.000	19.251.000,00
65	Lodos Ativados por Aeração Prolongada	243,06	175.000	22.264.200,00
66	Lodos Ativados Convencional	277,78	200.000	43.300.800,00
71	Lodos Ativados por Batelada	277,78	200.000	46.872.000,00
72	Lodos Ativados por Batelada	555,56	400.000	84.816.000,00
67	Lodos Ativados Convencional	555,56	400.000	89.280.000,00

NOTA: <sup>(1)</sup> Número da amostra de dados das estações de tratamento de esgoto, conforme apêndice;

Desta mesma forma do que para os UASBs, a linha de tendência que melhor se adequou aos lodos ativados foi a equação de potência, conforme mostra a figura 5.17, apresentando um bom “ $r^2$ ”.

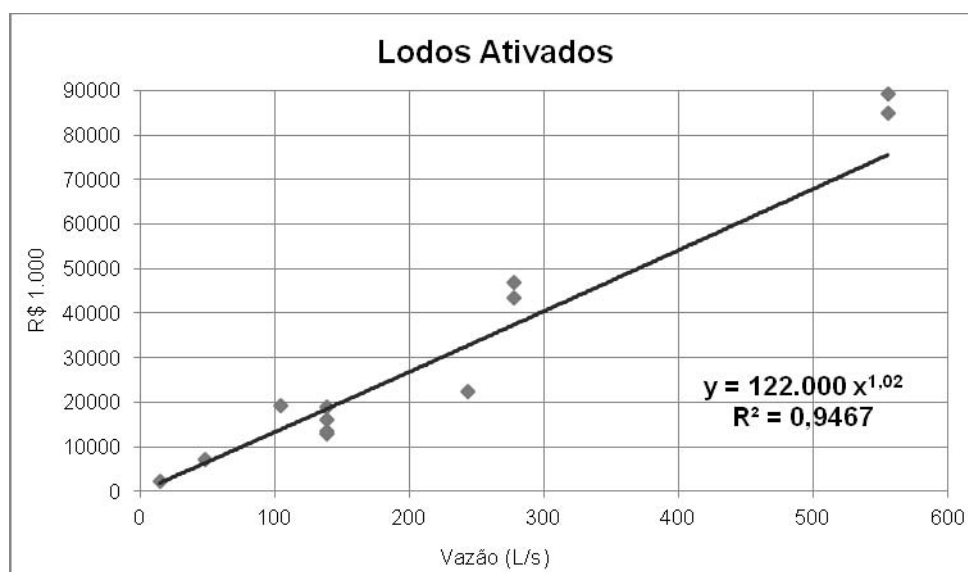


FIGURA 5.17 – CUSTO DE ETE – LODOS ATIVADOS

O resultado, para as ETEs do tipo Lodo Ativados, pode ser representado pela equação 5.15. A entrada da equação é dada em função de “x” que é a vazão média da ETE e o resultado é expresso em R\$.

$$y = 122.000 x^{1,02} \quad (\text{EQ 5.15})$$

### 5.3 CUSTOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DO LODO

A seguir estão apresentados os resultados para o tratamento de lodo produzido para as ETEs do tipo UASB, considerando uma comparação entre dois processos de secagem (leitos de secagem e secagem mecanizada), conforme



segue na figura 5.18, sendo o eixo das ordenadas (y) os valores para a implantação do tratamento, de acordo com vazão nominal de entrada da ETE, representada no eixo das abscissas (x).

Na figura 5.18 até vazões 30 L/s, considerando a produção do lodo de ETE do tipo UASB, é mais viável a implantação de leito convencionais para a secagem do lodo. A partir desta vazão, torna-se mais viável financeiramente o uso de sistema mecanizado (no caso foi pré-dimensionando e orçado centrífuga, em comparação aos leitos de secagem).

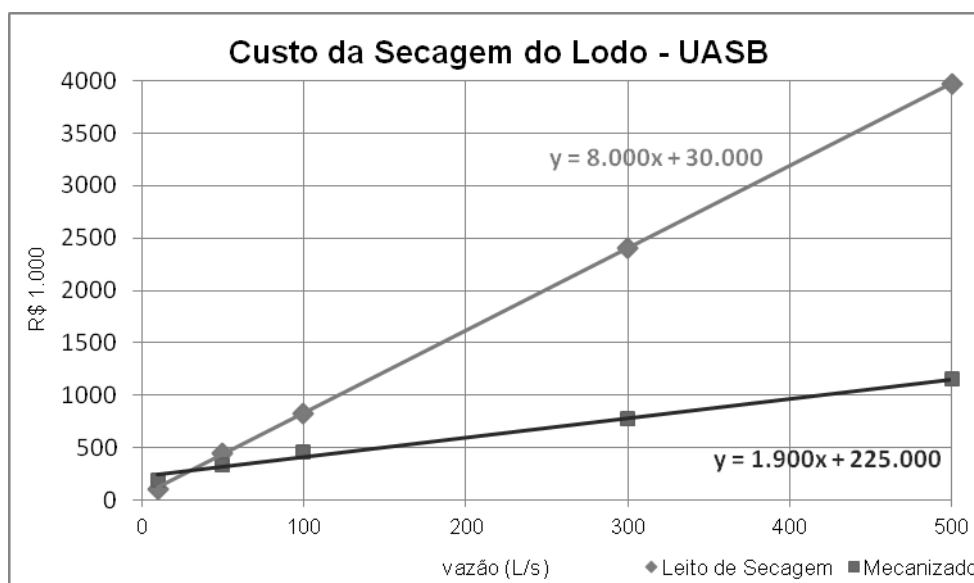


FIGURA 5.18 – CUSTO DE SECAGEM DO LODO POR LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB

Os resultados para os custos da secagem do lodo para UASB para os leitos de secagem e sistemas mecanizados, podem ser representados pelas equações 5.15 e 5.16, respectivamente.

$$y = 8.000 x + 30.000 \quad (\text{EQ 5.15})$$

$$y = 1.900 x + 225.000 \quad (\text{EQ 5.16})$$

Na figura 5.19 é possível observar que há uma pequena variação crescente para os custos de implantação de sistema de calagem ou inertização do lodo, para os leitos de secagem e sistema mecanizado, de acordo com acréscimo das vazões, representada pelo eixo das abscissas.

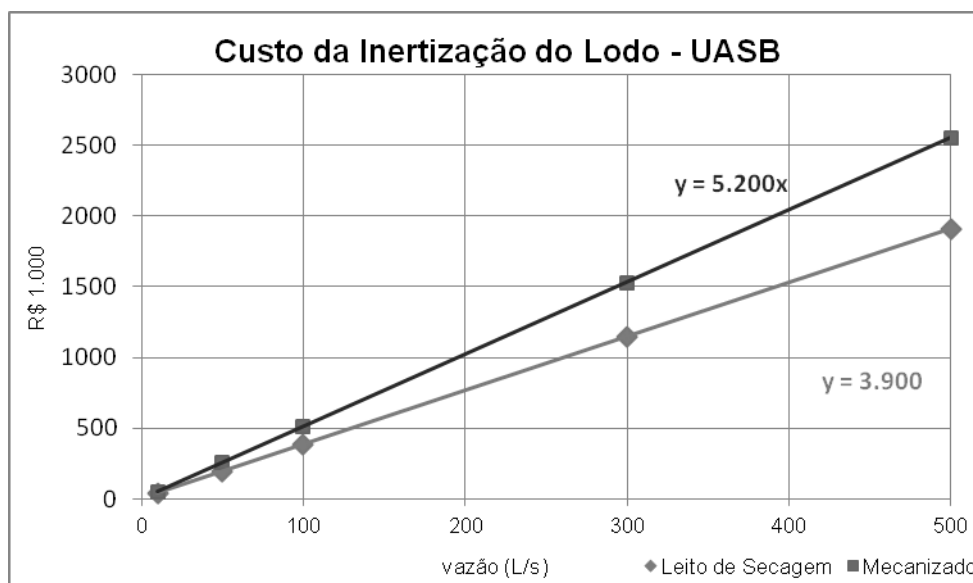


FIGURA 5.19 – CUSTOS DA CALAGEM DO LODO PARA LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB

Os resultados para os custos da inertização do lodo para UASB para os leitos de secagem e sistemas mecanizados, podem ser representados pelas equações 5.17 e 5.18, respectivamente.

$$y = 3.900 x \quad (\text{EQ 5.17})$$

$$y = 5.200 x \quad (\text{EQ 5.18})$$

A figura 5.20 apresenta o resumo da comparação para o tratamento do lodo para ETE do tipo UASB, entre leitos de secagem e sistema mecanizado, somando-se os custos de implantação da secagem e calagem.

Observa-se que mesmo com o fato da figura não levar em conta os custos do terreno, o sistema mecanizado mostra-se viável financeiramente (considerando apenas a implantação) para vazões superiores a 40 L/s, o que corresponde a uma população de aproximadamente 23 mil habitantes para uma per capita de 150 L/dia de esgoto.

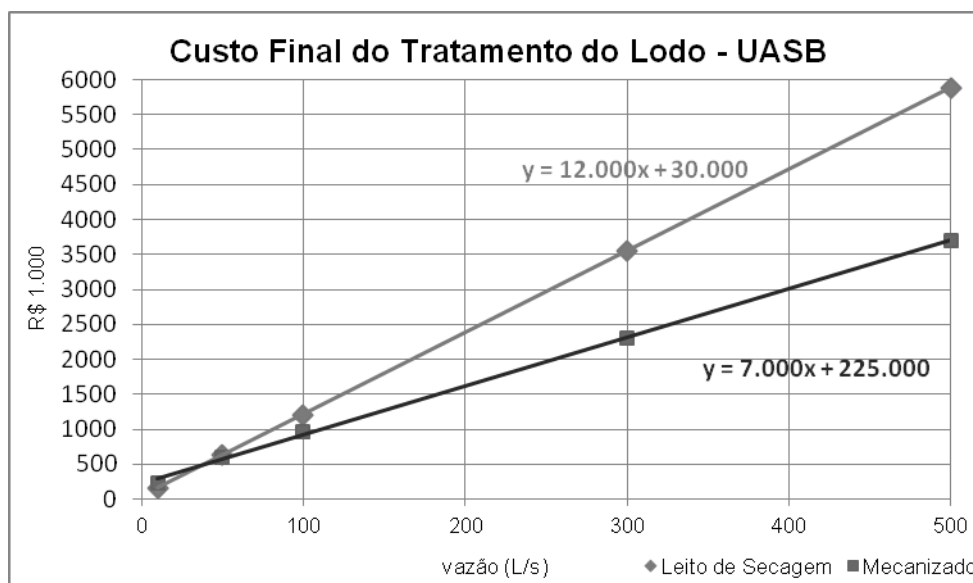


FIGURA 5.20 – CUSTOS TOTAIS DO TRATAMENTO DO LODO PARA LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB

Os resultados para os custos totais do tratamento do lodo para UASB para os leitos de secagem e sistemas mecanizados, podem ser representados pelas equações 5.19 e 5.20, respectivamente.

$$y = 12.000 x + 30.000 \quad (\text{EQ 5.19})$$

$$y = 7.000 x + 225.000 \quad (\text{EQ 5.20})$$

E finalmente, estão apresentados os resultados para o tratamento de lodo produzido pela ETE do tipo UASB + LA, também considerando a comparação entre dois processos de secagem (leitos de secagem e secagem mecanizada), conforme segue.

A figura 5.21 apresenta o resumo dos custos da comparação para o tratamento do lodo proveniente do UASB + LA, para os leitos de secagem e sistema mecanizado, somando-se os custos de implantação da secagem e calagem.

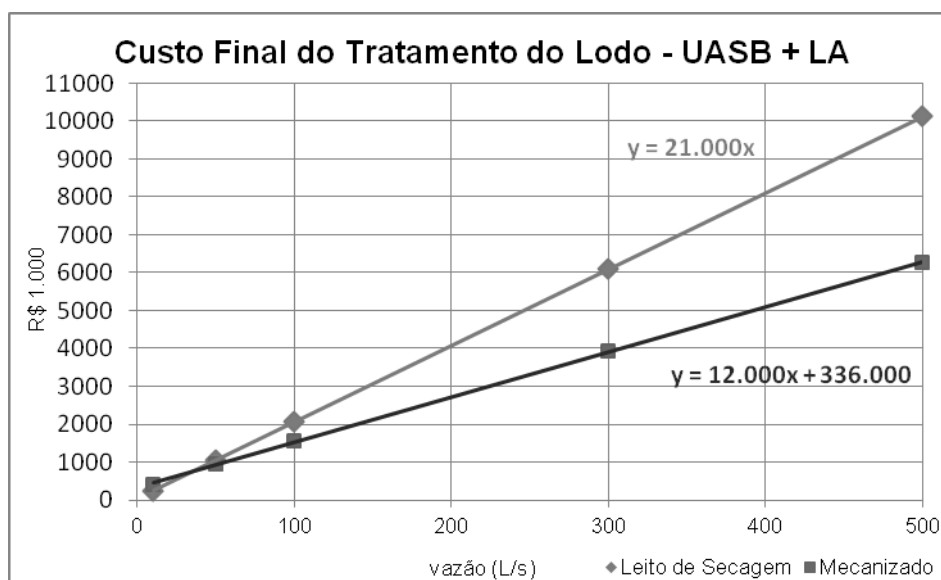


FIGURA 5.21 – CUSTOS TOTAIS DO TRATAMENTO DO LODO PARA LEITO DE SECAGEM E SISTEMA MECANIZADO PARA ETE TIPO UASB + LA

Os resultados para os custos totais do tratamento do lodo para UASB para os leitos de secagem e sistemas mecanizados, podem ser representados pelas equações 5.21 e 5.22, respectivamente.

$$y = 21.000 x \quad (\text{EQ 5.21})$$

$$y = 12.000 x + 336.000 \quad (\text{EQ 5.22})$$

As equações, neste caso, se interceptam aproximadamente a 35 L/s de esgoto (da entrada da ETE). Desta forma, observa-se que para ETEs com processo de UASB + LA, é mais vantajoso financeiramente para a implantação o uso de sistemas mecanizados.

#### 5.4 ROTEIRO DE CÁLCULO

Para aplicar os resultados numa área de projeto foi desenvolvido o seguinte roteiro de cálculo de acordo com cada unidade linear ou localizada:

##### A. Redes Coletoras de Esgoto

- A.1. Entrar com a população de saturação da sub-bacia para determinar o DN (mm) através do quadro 3.4;
- A.2. Escolher o nível de declividade do terreno (1 a 5) mais adequado de acordo com o quadro 4.4;

A.3. Escolher a condição em que a área ou localidade da rede a ser implantada mais se encaixa para escolher a matriz de resultados da rede coletora;

A.4. Rede coletora com solo favorável e baixa urbanização;

A.5. Rede coletora com solo desfavorável e baixa urbanização;

A.6. Rede coletora com solo favorável e alta urbanização; e

A.7. Rede coletora com solo desfavorável e alta urbanização.

A.8. Calcular a área da sub-bacia ou localidade de esgotamento e aplicar uma taxa de implantação de rede (180 a 240 m/ha) para determinar a extensão de rede coletora (m) ; e

A.9. Multiplicar a extensão calculada pelos índices (ver matriz de resultados – quadros 5.1 a 5.4) para o custo das redes coletoras (R\$);

## **B. Coletores e Interceptores**

B.1. Determinar o DN (mm) através do quadro 3.4;

B.2. Aplicar o DN (mm) na curva de coletores e interceptores (ver figuras 5.1 a 5.2);

B.3. Multiplicar o resultado da equação pela extensão estimada (m) para o custo dos coletores e interceptores (R\$);

## **C. Estações Elevatórias de Esgoto**

C.1. Calcular ou estimar a altura manométrica da linha de recalque da EEE (m.c.a.);

C.2. Determinar a faixa da manométrica (quadro 4.5) para a escolha a curva (ver figuras 5.3 a 5.6);

C.3. Calcular ou estimar a vazão (L/s) para se determinar o custo da EEE (R\$);

## **D. Linhas de Recalque (Emissários)**

D.1. Calcular ou estimar o DN da linha de recalque (ver equação 4.5);

D.2. Escolher o tipo de material da linha de recalque (PEAD, PVC, PVC DeFoFo, FoFo, FD, PRFV e RPVC) para aplicar nas curvas (ver figuras 5.8 a 5.10);

D.3. Estimar a extensão da linha de recalque (m);

D.4. Multiplicar a extensão (m) pelo resultado das curvas (R\$/m) para se obter o custo (R\$);

## **E. Tratamento de esgoto**

E.1. Calcular a vazão nominal de entrada da ETE (L/s);

E.2. Escolher o tipo do processo<sup>15</sup> de acordo com a classificação:

- Lagoas de Estabilização (lagoa facultativa, lagoa anaeróbia, lagoa aerada facultativa e lagoa aerada de mistura completa);
- Reatores Anaeróbios do tipo RALF;
- Reatores Anaeróbios do tipo UASB; e
- Lodos Ativados (lodos ativados convencional, lodos ativados por aeração prolongada e lodos ativados de fluxo intermitente).

E.3. Aplicar a curva para se determinar o custo do tratamento (ver figuras 5.13 a 5.16);

## **F. Tratamento do lodo de esgotos**

F.1. Calcular a vazão nominal de entrada da ETE (L/s);

F.2. Escolher o tipo do processo<sup>16</sup> de secagem do lodo:

- Leitos de secagem; e
- Sistemas mecanizados.

F.3. Aplicar a curva para se determinar o custo do tratamento do lodo (ver figuras 5.19 a 5.20);

---

<sup>15</sup> Os fatores que podem ser predominantes para a escolha do processo de tratamento do esgoto são: clima, disponibilidade de área, disponibilidade de energia elétrica, ventos, proximidade com áreas urbanas, corpo receptor, licença ambiental, grau da qualificação da mão de obra da operação e fornecedores de materiais e insumos;

<sup>16</sup> Os fatores que podem ser predominantes para a escolha do processo de desaguamento do lodo são: clima, disponibilidade de área, disponibilidade de energia elétrica, grau da qualificação da mão de obra da operação, fornecedores de materiais e insumos e local de disposição do resíduo;

## 6 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Neste estudo foram apresentados os custos para o transporte do esgoto (redes, coletores/ interceptores, estações elevatórias de esgoto e linhas de recalque), tratamento do esgoto (lagoa facultativa + maturação, RALF + filtro anaeróbio, RALF + lagoa facultativa, UASB + filtro biológico + decantador e reatores aeróbios – lodos ativados) e tratamento do lodo dos esgotos (leitos de secagem e sistemas mecanizados).

Para a rede coletora de esgoto foram pré-dimensionadas e orçadas várias situações que podem ser encontradas no cotidiano, formando uma matriz de custo de rede por metro linear.

Na revisão bibliográfica foram apresentados os custos de Brudeki & Aisse (2007) para redes (DN 100 mm até 200 mm) no valor de R\$ 392,88/hab (quadro 3.8). Quando atualizado, para efeito de comparação, pela mesma metodologia aplicada neste estudo, o valor fica igual a R\$528,22/hab.

Entretanto, para comparar o valor atualizado de redes coletoras de Brudeki & Aisse (2007) com os valores apresentados neste trabalho é necessário fazer algumas transformações de unidades, visto que Brudeki & Aisse (2007) apresentaram valores em R\$/ hab e os custos deste trabalho, para as redes, foram R\$/m.

Considerando o quadro 3.4, da revisão bibliográfica, para uma população de até 10 mil habitantes os diâmetros nominais correspondem a 80% e 20% para os DN's 150 e 200 mm, respectivamente. Adotando uma densidade de 60 hab/ha (alta urbanização), é necessário uma de 166,67 ha para acomodar os 10 mil habitantes. Se a taxa de rede for igual a 180 metros de RCE/ha, tem-se em 30 km de extensão de rede para esta área.

Desta forma, fazendo as transformações para um solo favorável com alta urbanização (DN 150 R\$169,77/m e DN 200 R\$191,37/m) encontrou-se R\$522,28/hab, bem próximo ao valor atualizado de Brudeki & Aisse (2007) de R\$528,22/hab.

Para coletor tronco, os custos de projetos foram atualizados e classificados de acordo com a faixa de DN. A equação 3.6, apresentada na revisão bibliográfica, quando atualizada, é representada pela equação 6.1.

$$y=0,6248x^{1,1274} \quad (\text{EQ 6.1})$$

No quadro 6.1 foram comparados valores calculados dos coletores/ interceptores com os custos atualizados da revisão bibliográfica, representados pela equação 6.1.

QUADRO 6.1 – CUSTOS DOS COLETORES/ INTERCEPTORES

DN (mm)	EQ 6.1 (R\$/m)	EQ 5.1 (R\$/m)	EQ 5.2 (R\$/m)
200	245,43	274,47	
250	315,63	458,55	
300	387,66	697,44	
350	461,24	994,22	
400	536,17	1.351,66	495,19
500	689,54		791,20
600	846,89		1.160,29
700	1.007,64		1.603,82
800	1.171,34		2.122,94

Para os diâmetros nominais a partir de 700 mm percebeu-se uma dispersão dos custos, inclusive há uma diferença entre as equações calculadas para o diâmetro de 400 mm. Isto se deve ao fato de que a equação 5.1 e 5.2 apresentarem diferentes materiais. Para os coletores/ interceptores de 200 a 400 mm o material utilizado foi PVC, que não mostrou-se competitivo para o DN de 400 mm. Além do fato que para coletores e interceptores possuem um leque grande de condições de contorno.

Para as estações elevatórias, os custos de projetos foram atualizados e classificados de acordo com as faixas de altura manométrica, conforme apresentado na metodologia. A equação 3.9 de Colossi (2002) atualizada e convertida em reais pode ser representada pela equação 6.2.



$$y = 14,06 \times 10^3 L^{0,330} X^{0,679} \quad (\text{EQ 6.2})$$

Onde,

y é o custo da EEE em reais - 2011;

L é a altura manométrica (em metros) de recalque; e

X é a vazão (L/s) da EEEs.

No quadro 6.2 foram comparados valores calculados das estações elevatórias de esgoto (equações 5.3 a 5.6) com os custos atualizados da revisão (equação 6.2).

QUADRO 6.2 – CUSTOS DAS EEEs

Vazão (L/s)	$h_{\text{man}}$ (m)	EQ. 6.2 (R\$)	EQ. 5.3 (R\$)	EQ. 5.4 (R\$)	EQ. 5.5 (R\$)	EQ 5.6 (R\$)
10,00	15,00	164.094,53	475.653,34			
25,00	15,00	305.699,96	565.449,83			
50,00	15,00	489.434,69	633.378,25			
10,00	30,00	206.269,02		389.793,75		
50,00	30,00	615.225,95		697.196,39		
100,00	30,00	984.994,97		829.587,51		
10,00	45,00	235.800,18			527.749,68	
50,00	45,00	703.306,71			994.486,67	
100,00	45,00	1.126.014,88			1.195.499,35	
10,00	60,00	259.282,92				584.503,45
50,00	60,00	773.347,25				1.831.817,83
100,00	60,00	1.238.151,85				2.369.006,89

Entretanto, é possível verificar que não há relação de custo com as EEEs de vazões menores. Isto pode estar relacionado com fato de que Colossi (2002) utilizou apenas os custos da Casan-SC. As EEEs do padrão da Casan-SC possuem um padrão construtivo compacto, com o uso de conjuntos bombas instalados nos poços de visitas, com quadros elétricos embutidos no muro (no alinhamento predial), principalmente para os conjuntos de menor potência, que foram as que apresentaram distorção.

Para as linhas de recalque, os custos de projetos foram atualizados e classificados de acordo com os materiais, conforme apresentado na metodologia. Na

equação 3.10 de Colossi (2002) quando atualizada e convertida em reais pode ser representada pela equação 6.3.

$$y = 43,385 L^{1,044} X^{0,548} \quad (\text{EQ 6.3})$$

Onde,

y é o custo da linha de recalque em reais (2011);

L é a extensão da linha de recalque (em metros); e

X é a vazão (L/s) de projeto da linha de recalque.

No quadro 6.3 foram comparados valores calculados das linhas de recalque de PEAD (EQ 5.7) com a equação de Colossi (2002) atualizada (EQ 6.3). Entretanto, como Colossi (2002) apresentou a equação para vazão em L/s, antes foi necessário calcular o DN para a vazão de referência, considerando coeficiente de rugosidade 0,0275 e velocidades do efluente entre 1,0 a 1,5 m/s.

QUADRO 6.3 – CUSTOS DAS LINHAS DE RECALQUE

Vazão (L/s)	DN (mm)	EQ. 6.3 (R\$/m)	EQ. 5.7 (R\$/m)
6,50	75	121,01	135,99
9,50	90	148,98	157,35
14,00	110	184,25	184,75
17,00	125	204,94	204,64
25,00	160	253,17	249,32
30,00	180	279,77	273,96
35,00	200	304,43	298,05
45,00	225	349,38	327,50

Para comparar os custos do tratamento de esgoto foram utilizados os custos dos projetos, atualizados e classificados de acordo com tipo de processo (equações 5.12 a 5.14), com os custo apresentados por von Sperling (2007), conforme o quadro 3.12.

Os valores foram comparados para cada tipo de sistema de tratamento de esgoto. Foi observado que os valores atualizados dos projetos estão dentro das faixas dos autores (quadro 6.4), apesar de que as faixas destes custos são grandes.

QUADRO 6.4 – CUSTOS DOS SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Autor/ Equação	Processo	Custo (R\$/hab)	
Chernicharo <sup>(1)</sup>	Vários	87,49	390,34
von Sperling <sup>(1)</sup>	Vários	60,57	336,5
Agência Nacional das Águas <sup>(1)</sup>	Vários	40,38	255,74
Jordão & Pessoa <sup>(1)</sup>	Vários	74,03	585,51
Equação 5.12	RALF + Filtro Anaeróbio	245,00	
Equação 5.14	UASB + Filtro Anaeróbio + Decantadores	185,00	
Equação 5.15	Lodos Ativados	190,00	

NOTA: <sup>(1)</sup> Citado por von Sperling (2007) e atualizado (2011) para comparação

A base comparativa do quadro 6.4 está atrelada aos limites de “x” para cada equação. Para entender melhor, na equação 5.12 o custo per capita foi calculada com a vazão para uma ETE pequena de 10 L/s, enquanto que para a equação 5.14 foi utilizado uma vazão de 100 L/s e na equação 5.15 uma vazão 300 L/s, compatível com cada tecnologia e também de acordo com a base de dados disponíveis. Sendo que, para as três equações foram consideradas uma per capita de esgoto de 120 L/dia.hab, que corresponde a 150 L/dia.hab de água.

Quanto aos sistemas de tratamento de lodo, notou-se que, considerando apenas dos custos de implantação, para as ETEs do tipo UASB e UASB + LA pode-se optar pelo uso de leitos de secagem com calagem manual para vazões de até aproximadamente 35 L/s.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em suma, a conclusão do estudo é que o objetivo geral foi atingido, ou seja, foram desenvolvidos métodos para composições de custos para implantação de SES, demonstrados através de equações, para dar subsídio às tomadas de decisões e no auxílio ao desenvolvimento dos Estudos de Concepção.

Especificamente, foram desenvolvidos métodos para composição de custos de coleta e transporte de esgoto, a saber:

### REDES COLETORAS DE ESGOTO

Foram pré-dimensionadas e orçadas quatro situações (solo favorável e baixa urbanização – nível 3 e DN 150 mm = R\$137,97/m; solo desfavorável e baixa urbanização – nível 3 e DN150 mm = R\$170,53/m; solo favorável e alta urbanização – nível 3 e DN150 mm = R\$169,77/m; e solo desfavorável e alta urbanização – nível 3 e DN150 mm= R\$210,87/m).

O material orçado foi o PVC (amplamente utilizado) com DN 150 a 350 mm e diferentes níveis de terreno (1 a 5), como pode ser observado nos resultados (quadro 5.1 a 5.4), totalizando 100 resultados de custo de rede coletora de esgoto.

É importante alertar que os usos destes custos estão restritos quanto ao material PVC, método construtivo das redes (à céu aberto) e composição do orçamento padrão Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná.

### COLETORES E INTERCEPTORES

Para determinar os custos dos coletores e interceptores foram atualizados orçamentos de projetos existentes, classificados por diâmetro e material. Os resultados foram apresentados em duas faixas de DN, conforme os orçamentos, de 200 a 400 mm (EQ 5.1) e de 400 a 800 mm (EQ 5.2).

$$y = 0,0014 x^{2,3} \quad (\text{EQ 5.1})$$

$$y = 0,0017 x^{2,1} \quad (\text{EQ 5.2})$$

É importante ressaltar que as equações possuem uma limitação quanto ao uso das faixas dos diâmetros. O uso da equação 5.1 é restrito entre os DN's 200 à 400 mm e a equação 5.2 é restrito entre os DN's 400 à 800 mm.

O custo da equação 5.1 para os DN's próximos à 400 mm não são financeiramente viáveis, pois, o material classificado desta equação foi o PVC – menos competitivo que o concreto armado da equação 5.2.

### ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO

Para determinar os custos das estações elevatórias de esgoto foram atualizados orçamentos de projetos existentes, classificados por vazão e faixas de alturas manométricas (quatro grupos – ver metodologia).

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  de até 15 m.c.a pode ser representado pela equação 5.3.

$$y = 98.000 \ln(x) + 250.000 \quad (EQ 5.3)$$

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  de 15 até 30 m.c.a pode ser representado pela equação 5.4.

$$y = 191.000 \ln(x) + 50.000 \quad (EQ 5.4)$$

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  de 30 até 45 m.c.a pode ser representado pela equação 5.5.

$$y = 290.000 \ln(x) + 140.000 \quad (EQ 5.5)$$

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{man}$  acima de 45 m.c.a pode ser representado pela equação 5.6.

$$y = 775.000 \ln(x) - 1.200.000 \quad (EQ 5.6)$$

Aqui também vale destacar o cuidado para o uso das equações quanto aos seus limites: a equação 5.3 é restrita para as vazões entre 0 a 40 L/s, a equação 5.4 é restrita para as vazões entre 0 a 380 L/s, a equação 5.5 é restrita para as vazões entre 0 a 200 L/s e a equação 5.6 é restrita para as vazões entre 0 a 260 L/s.

### LINHAS DE RECALQUE

Para determinar os custos das linhas de recalque foram atualizados orçamentos de projetos existentes destes elementos, classificados por DN, material (PEAD, PVC DeFoFo, FoFo e PRFV/ RPVC) e vazão.

O resultado para as Linhas de Recalque para o material PEAD pode ser representado pela equação 5.7.

$$y = 4,3 x^{0,8} \quad (EQ 5.7)$$

O resultado para as Linhas de Recalque para o material PVC DeFoFo pode ser representado pela equação 5.8.

$$y = 2,6 x^{0,8} \quad (\text{EQ 5.8})$$

O resultado para as Linhas de Recalque para o material FoFo pode ser representado pela equação 5.9.

$$y = 170 \ln(x) - 470 \quad (\text{EQ 5.9})$$

O resultado para as Linhas de Recalque para os materiais PRFV e RPVC pode ser representado pela equação 5.10.

$$y = 0,7 x + 78 \quad (\text{EQ 5.10})$$

Os limites para o uso das linhas por faixas de DN's são: a equação 5.7 do DN 75 à 400 mm, a equação 5.8 do DN 75 à 300 mm, a equação 5.9 do DN 80 à 400 mm e a equação 5.10 do DN 75 à 600 mm. Também foi observado que o PVC DEFoFo é o mais econômico até DN 300 mm, seguido do PRFV e RPVC DN's superiores (ver figura 5.12).

## ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Também foram desenvolvidos composições de custos de tratamento de esgoto, através da atualização e classificação de projetos existentes (lagoas facultativas + lagoas de maturação, RALF + filtro anaeróbio, RALF + lagoa facultativa, UASB + filtro anaeróbios com decantadores e lodos ativados) e vazões.

O resultado para a Lagoa Facultativa + Maturação pode ser representado pela equação 5.11.

$$y = 670.000 \ln(x) + 600.000 \quad (\text{EQ 5.11})$$

O resultado para as ETEs do tipo RALF + filtro anaeróbio pode ser representado pela equação 5.12.

$$y = 700.000 \ln(x) + 150.000 \quad (\text{EQ 5.12})$$

O resultado para as ETEs do tipo RALF + lagoa facultativa pode ser representado pela equação 5.13.

$$y = 75.000 x + 125.000 \quad (\text{EQ 5.13})$$

O resultado para as ETEs do tipo UASB + filtro biológico com decantador pode ser representado pela equação 5.13.

$$y = 76.000 x^{1,12} \quad (\text{EQ 5.14})$$

O resultado para as ETEs do tipo lodos ativados (processo aeróbio) pode ser representado pela equação 5.14.

$$y = 122.000 x^{1,02} \quad (\text{EQ 5.15})$$

As equações dos custos para tratamento de esgoto também possuem restrições quanto ao uso, considerando os limites de acordo com as vazões das ETEs que foram consideradas para determinar as respectivas equações.

Para a Lagoa Facultativa + Maturação deve-se observar a restrição entre as vazões de 2,5 L/s a 19 L/s. Para os RALFs + filtro anaeróbio deve-se observar a restrição entre as vazões de 2,4 L/s a 25 L/s. Para os RALFs + lagoa facultativa deve-se observar a restrição entre as vazões de 7 L/s a 46 L/s. Para os UASB + filtro biológico com decantadores deve-se observar a restrição entre as vazões de 37,5 L/s a 160 L/s. E finalmente, para os lodos ativados deve-se observar a restrição entre as vazões de 15 L/s a 555 L/s.

No capítulo anterior foram realizadas algumas comparações com os custos apresentados na revisão bibliográfica. Observou-se nestas comparações uma proximidade nos custos – fato que reforça a confiabilidade do uso das equações desenvolvidas neste estudo.

## TRATAMENTO DO LODO DOS ESGOTOS

Para determina os custos de condicionamento e tratamento de lodo de esgoto foram utilizados pré-dimensionamentos de leitos de secagem e estruturas mecanizadas buscando, além da dos custos, uma comparação entre os métodos para verificar a viabilidade financeira de implantação de cada um. Foram considerados dois processos de produção de lodo: (i) ETE do tipo UASB e (ii) ETE do tipo UASB + LA .

Os resultados para os custos totais do tratamento do lodo para UASB para os leitos de secagem e sistemas mecanizados, podem ser representados pelas equações 5.19 e 5.20, respectivamente.

$$y = 12.000 x + 30.000 \quad (\text{EQ 5.19})$$

$$y = 7.000 x + 225.000 \quad (\text{EQ 5.20})$$

E os resultados para os custos totais do tratamento do lodo para UASB + LA para os leitos de secagem e sistemas mecanizados, podem ser representados pelas equações 5.21 e 5.22, respectivamente.

$$y = 21.000 x \quad (\text{EQ 5.21})$$

$$y = 12.000 x + 336.000 \quad (\text{EQ 5.22})$$

As restrições quanto ao uso das equações ficam atreladas de acordo as vazões dos pré-dimensionamentos, a saber de 0 a 500 L/s. Destaca-se a viabilidade de implantação de sistemas mecanizados para vazões superiores a aproximadamente 35 L/s.

Entretanto, vale destacar que para grandes vazões e consequentemente grandes volumes de lodo, para o uso dos leitos de secagem será necessário mais funcionários para trabalhar com a mesma quantidade de lodo produzida da ETE, o que aumentará o custo de operação.

Por outro lado, não descarta-se o aumento do consumo de energia elétrica para o uso dos sistemas mecanizados, que consequentemente gera um acréscimo do custo operacional para estes sistemas.

Desta forma, recomenda-se nos próximos estudos uma análise utilizando-se da inserção dos custos de operação, tais como insumos, mão-de-obra e energia elétrica.

Também vale destacar que, no estudo em questão, não foi considerado o custo da área de implantação, pois, os terrenos não podem ser financiados pelos agentes externos. Estes, quando adquiridos, são com recursos próprios do município, o que pode influenciar na escolha da alternativa.

## ROTEIRO DE CÁLCULO

E por fim, foi desenvolvido um roteiro de cálculo para auxiliar a aplicação da metodologia de numa determinada área de projeto. Neste roteiro foram considerados todos os dados de entradas necessários para que um usuário possa utilizar o método deste os custos de coleta ao tratamento dos esgotos e lodos.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS CITADAS

AISSE, M. M. *et al.*; Análise Econômica de Sistemas de Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Tipo UASB. 22.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental; **Anais**. Joinville - SC, 2003.

AISSE, M. M.; **Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, Termos de Referência para Elaboração dos Serviços de Estimativas Orçamentárias para as Intervenções em Captação, Adução e Tratamento de Água e Tratamento de Esgotos. **Atlas de Abastecimento de Água do Nordeste, Regiões Metropolitanas e Sul**. Brasil, 2008.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A.; ILHENFELD, R.; **Uso e Manejo do Lodo de Esgotos na Agricultura**. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 1999.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F.; **Lodos de esgotos: tratamento e disposição final**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA UFMG, 2001.

ANJOS JÚNIOR, A. H. dos, Cadeia de formação de custos nos sistemas de abastecimento de água: modelação e estimação de valores. XXIV CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. **Anais**. Belo Horizonte MG, 2007.

ANJOS JÚNIOR, A. H. dos, **Gestão Estratégica do Saneamento**. Editora Manole (Série Sustentabilidade), Barueri, SP – 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9649 - Projeto de Redes Coletoras de esgoto sanitário**. ABNT, Rio de Janeiro, 1986.

BERNER, A. O.; MARTINS, A. C.; TIBURI, C.; Projeto de Redes de Esgoto Sanitário em PVC em Área com Baixa Declividade - Estudo Comparativo de Custos de Implantação entre Rede Dimensionada pelos Critérios de Tensão Trativa 1,0 Pa e 0,6 Pa. **Anais**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.

BRASIL, Ministérios das Cidades. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2002**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, Brasília, 2004.

BRUNI, A.; FAMÁ, R.; **Gestão de Custos e Formação de Preços**. Editora Atlas. São Paulo 2003.

BRUDEKI, N.; AISSE, M. M.; Custos Estruturais por Habitante em Saneamento Básico no Estado do Paraná. 24.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais**. Belo Horizonte - MG, 2007.

BUARQUE, C.; **Avaliação Econômica de Projetos**. Editora Campos, 12ª Ed. 1984.

COBRAPE-ENGECONPS-GEOAMBIENTE, **Nota Técnica – Metodologia de Cálculo das Curvas de Custo**. Brasília: ANA, SPR, 2008.

COLOSSI, N., **Modelos Paramétricos para Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário**. Florianópolis - SC, 2002.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.; **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 3ª Ed. 1995.

LUCCA, V. P.; SAMWAYS, G.; AISSE, M. M.; *Estudo dos Custos de Implantação e Operação de Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários para Pequenas Comunidades*. **Anais**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.

MARTINS, E., **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, 2001.

Met Calf & Eddy, Design of Facilities for the Treatment and Disposal of Sludge. In **Wastewater Engineering**. New York, Mc Graw – Hill, 1991.

MINISTÉRIO DAS CIDADES, **Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – SNIS 2008**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, PMSS 2010;

NUNES, M. T. *et al.*, Custos Unitários de Implantação de Estações de Tratamento de Esgotos – PRODES – 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Joinville – SC, 2003.

PEREIRA, J. A. R; da SILVA, J. M. S., **Rede Coletora de Esgoto Sanitário: projeto, construção e operação**. 2ª Edição revista e ampliada. Belém, 2010.

SALAZAR, B. L.; VON SPERLING, M.; Desenvolvimento de Funções de Custos de Implantação para Redes Coletoras e Interceptores. **Anais**. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.

VON SPERLING, M.; Desenvolvimento de Funções de Custos de Implantações de Estações de Tratamento de Esgotos. 24.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Belo Horizonte - MG, 2007.

VON SPERLING, M.; **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. vol. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA UFMG, 1996.

VON SPERLING, M.; **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. vol. 2. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA, UFMG, 1996.

TSUTIYA, M.; ALÉM SOBRINHO, P.; **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS

ALÉM SOBRINHO, P. *et al.*; **Saneamento I – Sistemas de Esgotos Sanitários**. USP – DEHS. São Paulo, 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9448 - Estudo de Concepção de sistema de esgoto sanitário**. ABNT, Rio de Janeiro, 1986.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12207 - Projeto de Interceptores de esgoto sanitário**. ABNT, Rio de Janeiro, 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12208 - Projeto de Estações Elevatórias de esgoto sanitário**. ABNT, Rio de Janeiro, 1990.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12209 - Projeto de Estações de Tratamento de esgoto sanitário**. ABNT, Rio de Janeiro, 1990.

COBRAPE, ***Estudo Técnico Econômico das Alternativas de Concepção para o Sistema De Esgotos Sanitários de Ibaiti-PR***, Sanepar, 2005.

CRESPO, P. G.; ***Tratamento Econômico de Esgotos Sanitários***. PUC-PR/ ISAM, ABES-PR, SANEPAR. Curitiba, 1994.

HELLER, L.; ***Saneamento e Saúde***. Organização Pan-Americana da Saúde, Escritório Regional da Organização da Saúde. Brasília, 1997.

MASCARÓ, J. L.; ***Loteamentos Urbanos***, 1.<sup>a</sup> Edição, Porto Alegre 2003;

Met Calf & Eddy, Design of Facilities for the Treatment and Disposal of Sludge. In ***Wastewater Engineering***. New York, Mc Graw – Hill, 2003.

SABESP; ***Estudo de Custos de Empreendimentos***. Departamento de Valoração para Empreendimentos, Abril de 2007;

SANEPAR; ***Manual de Obra e Saneamento – MOS***. 3<sup>a</sup> ed. USAQ, 1998.

SANEPAR; ***Tabela de Preços de Materiais e Serviços***. USAQ, julho de 2005.

VON SPERLING, M.; ***Princípios básicos do tratamento de esgotos***. 1 ed. 2 vol. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA UFMG, 1996.

**APÊNDICE – REDE COLEORA DE ESGOTO**

## REDE COLETORA DE ESGOTOS

### ORÇAMENTO - RESUMO E CRITÉRIOS

data base

jun/11

Nível de Declividade		5	
Diâmetro		350	mm
Hm (Altura média da vala)		2,99	m
Sem escoramento - até 1,50 m >> Hm= 1,30 m	23%	0,30	m
Pontalete - 1,50 - 1,70 m >> Hm= 1,60 m	3%	0,05	m
Descontínuo - 1,70 - 2,30 m >> Hm= 1,85 m	18%	0,33	m
Contínuo - 2,30 - 3,00 m >> Hm= 2,65 m	21%	0,56	m
Especial - 3,00 - 4,00 m >> Hm= 3,50 m	20%	0,70	m
Metálico e madeira - 4,00 - 10,00 m >> Hm= 7,00 m	15%	1,05	m

Extensão da Rede 10.000,00 m

RESUMO	TOTAL SERVIÇO	R\$	2.163.144,68	64,86%
	TOTAL MATERIAL	R\$	1.172.200,84	35,14%
	TOTAL GERAL	R\$	3.335.345,52	100,00%
	Custo da Rede (serviço + material)	R\$	333,53	/m

### SERVIÇOS

01	CANTEIRO DE OBRAS	R\$	15.048,63	0,45%
02	SERVIÇOS TÉCNICOS	R\$	57.500,00	1,72%
03	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$	14.218,81	0,43%
04	MOVIMENTO DE TERRA	R\$	704.807,18	21,13%
	LARGURA DA VALA			
	1. Material PVC	0,35	m	
	DIÂMETRO DO TUBO :			
	DN 150	0,00	m	
	DN 200	0,00	m	
	DN 250	0,00	m	
	DN 300	0,00	m	
	DN 350	0,35	m	
	total	0,70	m	
	2. Sem Escoramento	0,70	m	
	3. Com Escoramento + 10cm (aonde houver)	0,08	m	
	4. Com profundidade > 2,00m acresce + 10cm a cada faixa de 1,00 m subsequente acima dos 2,00m	0,15	m	
	LARGURA MÉDIA DA VALA =	0,93	m	
	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS	30%	R\$	206.735,23
	Em terra compacta	50%		
	Moledo ou cascalho	50%		
	ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA	68%	R\$	135.940,86
	ROCHA BRANDA	2%	R\$	92.479,93
	ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS		R\$	45.594,47
	Manual	30%		
	Mecânico	70%		
	COMPACTAÇÃO EM VALAS		R\$	128.140,87
	Manual	30%		
	Mecânica	70%		
	JAZIDA			
	ESCAVAÇÃO DE MATERIAL EM JAZIDA		R\$	3.820,31
	CARGA E DESCARGA DE SOLOS		R\$	12.108,44
	TRANSPORTE DE SOLOS (distância em km)	15	R\$	79.987,06
05	ESCORAMENTO	R\$	415.811,10	12,47%
	Sem escoramento	23%		
	Pontalete	3%		
	Descontínuo	18%		
	Contínuo	21%		
	Especial	20%		
	Metálico e madeira	15%		

## REDE COLETORA DE ESGOTOS

ORÇAMENTO - RESUMO E CRITÉRIOS			data base	jun/11
Nível de Declividade	5			
Diâmetro	350	mm		
<b>06 ESGOTAMENTO</b>	Nível	R\$	<b>130.958,32</b>	<b>3,93%</b>
Volume de escavação / 500	1			
Volume de escavação / 300	2			
Volume de escavação / 100	3			
Volume de escavação / 10	4			
Volume de escavação / 1	5			
<b>09 ASSENTAMENTO</b>		R\$	<b>523.589,26</b>	<b>15,70%</b>
<b>10 PAVIMENTAÇÃO</b>		R\$	<b>85.578,72</b>	<b>2,57%</b>
Sem pavimento	50%			
Lajota pré-moldada de concreto	2%			
Grama	34%			
Piso de concreto desempenado	10%			
Asfalto	2%			
Saibro	2%			
<b>16 SERVIÇOS DIVERSOS</b>		R\$	<b>19.294,60</b>	<b>0,58%</b>
<b>18 POÇOS DE VISITA</b>		R\$	<b>196.338,07</b>	<b>5,89%</b>
Nível				
1	80,00	m		
2	75,00	m		
3	70,00	m		
4	65,00	m		
5	60,00	m		
POÇO DE VISITA TIPO A				
Com profundidade até 1,00m (MF)	80%	ud		
POÇO DE VISITA TIPO C				
Com profundidade até 1,00 m (MF)	10%	ud		
POÇO DE VISITA TIPO D				
Com profundidade até 2,40m (PB)	10%	ud		
<b>TOTAL SERVIÇO</b>		R\$	<b>2.163.144,68</b>	<b>64,86%</b>
<b>MATERIAL</b>				
1	CAP DE CONCRETO	R\$	-	
2	TAMPÃO FD	R\$	44.801,32	
3	MATERIAL DE PVC - ESGOTO	R\$	1.127.399,52	
<b>TOTAL MATERIAL</b>		R\$	<b>1.172.200,84</b>	<b>35,14%</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		R\$	<b>3.335.345,52</b>	<b>100,00%</b>

## REDE COLETORA

## ORÇAMENTO - DETALHADO

Nível de Declividade  
Diâmetro  
Hm (Altura média da vala)

Nível 5  
DN 350  
Hm 2,99

Extensão da Rede 10.000,00 m  
Custo da Rede R\$ 333,53 / m

Descrição	Ud	Qtde.	Unitário	Total (R\$)
<b>01</b>	<b>CANTEIRO DE OBRAS</b>			
Instalações físicas - escritório, barracões, etc.	ud	1,00	10.000,00	10.000,00
010201 Entrada provisória de energia trifásica 70A	ud	1,00	1.155,88	1.155,88
010301 Entrada provisória de água	ud	1,00	140,10	140,10
010402 Tapume de tábuas contínuas	m	1,00	68,41	68,41
010502 Placas de Obra em chapa preta	m2	24,00	153,51	3.684,24
<b>02</b>	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>			
020220 Locação e nivelamento para assentamento de tubulação de esgoto	m	10.000,00	1,46	14.600,00
020221 Acompanhamento de assentamento de tubulação de esgoto - DN < 400 mm	m	10.000,00	4,07	40.700,00
020902 Cadastro de obras lineares - esgoto	m	10.000,00	0,22	2.200,00
<b>03</b>	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>			
030104 Remanejamento de galerias DN 400	m	100,00	34,52	3.452,00
030106 Remanejamento de galerias DN 600	m	50,00	48,76	2.438,00
030401 Roçada fina	m2	225,00	0,81	182,25
030402 Roçada densa	m2	225,00	1,21	272,25
030404 Destoca manual 0 < d <= 15 cm	m2	40,00	3,32	132,80
030405 Destoca manual 15 cm < d <= 30 cm	ud	5,00	30,25	151,25
030406 Destoca manual 30 cm < d <= 75 cm	ud	5,00	60,48	302,40
030601 Placa de advertência 1,00 x 1,00 m	ud	10,00	57,00	570,00
* 2 ud. de Placas a cada 100m (utilização 20x)				
030602 Placa de advertência 1,00 x 2,00 m	ud	2,00	89,54	179,08
* 2 ud. de Placas a cada 500m (utilização 20x)				
030901 Transporte de entulho	m3	335,32	19,50	6.538,78
<b>04</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRA</b>			
Extensão da Linha =		10.000,00 m		
Profundidade Média ( Hm ) =		2,99 m		
Largura Média ( Lm ) =		0,93 m		
Volume de Escavação =		27.804,32 m3		
<b>0401</b>	<b>ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS</b>	<b>30%</b>		
Terra compacta		50%		
040109 Em terra compacta, prof. 0 m < h <= 1 m	m3	959,25	23,21	22.264,17
040110 Em terra compacta, prof. 1 m < h <= 2 m	m3	125,12	29,02	3.630,97
040111 Em terra compacta, prof. 2 m < h <= 3 m	m3	750,72	32,50	24.398,29
040112 Em terra compacta, prof. 3 m < h <= 4 m	m3	875,84	34,82	30.496,61
Moledo ou Cascalho				
040113 Moledo ou cascalho, prof. 0 m < h <= 1 m	m3	959,25	37,95	36.403,49
040114 Moledo ou cascalho, prof. 1 m < h <= 2 m	m3	125,12	43,38	5.427,68
040115 Moledo ou cascalho, prof. 2 m < h <= 3 m	m3	750,72	48,80	36.634,97
040116 Moledo ou cascalho, prof. 3 m < h <= 4 m	m3	875,84	54,21	47.479,07
<b>0402</b>	<b>ESCAVAÇÃO MECÂNICA DE VALAS EM QUALQUER TIPO DE SOLO, EXCETO ROCHA</b>	<b>68%</b>		
040201 Profundidade 0 m < h <= 2 m	m3	18.906,93	7,19	135.940,86
<b>0403</b>	<b>DESMONTE DE ROCHA BRANDA, EM VALAS</b>	<b>2%</b>		
040302 Sem uso de explosivo	m3	556,09	120,55	67.036,20
<b>0405</b>	<b>RETIRADA DE ROCHA DESMONTADA, EM VALAS</b>			
040501 Manual prof. 0 m < h <= 1 m	m3	139,02	59,54	8.277,34
040502 Manual prof. 1 m < h <= 2 m	m3	139,02	64,58	8.978,01
040506 Mecânica prof. 0 m < h <= 4 m	m3	278,04	29,45	8.188,37
<b>0413</b>	<b>ATERRO/REATERRO EM VALAS E CAVAS</b>			
041301 Manual	m3	6.805,14	4,53	30.827,30
041302 Mecânico	m3	15.878,67	0,93	14.767,16
<b>0414</b>	<b>COMPACTAÇÃO EM VALAS</b>			
041401 Manual	m3	6.805,14	12,60	85.744,82
041402 Mecânica	m3	15.878,67	2,67	42.396,05
<b>0416</b>	<b>JAZIDA</b>			
041601 Escavação de material em jazida	m3	556,09	6,87	3.820,31
<b>0418</b>	<b>CARGA E DESCARGA DE SOLOS</b>			
041801 Qualquer tipo de solo exceto rocha	m3	7.095,73	1,52	10.785,51
041802 Rocha	m3	722,91	1,83	1.322,93
<b>0419</b>	<b>TRANSPORTE DE SOLOS</b>			
041901 Qualquer tipo de solo, exceto rocha, em rodovia ou rua	m3xkm	106.435,99	0,67	71.312,12
041903 Rocha em rodovia ou rua	m3xkm	10.843,68	0,80	8.674,95



## REDE COLETORA

## ORÇAMENTO - DETALHADO

Nível de Declividade  
Diâmetro  
Hm (Altura média da vala)

Nível 5  
DN 350  
Hm 2,99

<b>05</b>	<b>ESCORAMENTO</b>						
0501	ESCORAMENTO DE MADEIRA						
050101	Pontalete	3%	1,60	m2	960,00	7,17	6.883,20
050102	Descontínuo	18%	2,00	m2	7.200,00	15,63	112.536,00
050103	Contínuo	21%	2,65	m2	11.130,00	26,63	296.391,90
	Especial	20%	3,50	m2	0,00	48,00	0,00
050301	Metálico e madeira	15%	7,00	m2	0,00	71,88	0,00

<b>06</b>	<b>ESGOTAMENTO</b>						
0601	ESGOTAMENTO COM BOMBAS						
060101	Moto bomba			h	27.804,32	4,71	130.958,32

<b>09</b>	<b>ASSENTAMENTO</b>						
0903	TUBULAÇÃO DE PVC, RPVC, PVC DEFOFO, PRFV, JE - PARA ESGOTO						
090303	DN 150			m	0,00	2,90	0,00
090304	DN 200			m	0,00	3,35	0,00
090305	DN 250			m	0,00	3,86	0,00
090306	DN 300			m	0,00	4,38	0,00
090307	DN 350			m	10.000,00	5,11	51.100,00
0915	TERMINAL DE LIMPEZA (TL)	a cada	170m				
091508	PVC com junta elástica DN 150			ud	0,00	31,73	0,00
0925	EMBASAMENTO						
	* Considerado envoltório tubo + 10cm sobre + 10cm sob o tubo						
092502	Areia			m3	5.120,50	92,11	471.649,26
0927	TESTE DE INSPEÇÃO						
092703	Tubulação de esgoto - teste de vazamento c/ fumaça			ud	100,00	8,40	840,00

<b>10</b>	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>						
1001	RETIRADA DE PAVIMENTOS, GUIAS E SARGETAS						
100101	Lajota pré-moldada de concreto			m2	216,20	6,47	1.398,81
100109	Grama			m2	3.675,40	2,69	9.886,83
100113	Piso de concreto desempenado			m2	1.081,00	4,03	4.356,43
100116	Asfalto			m2	186,20	4,03	750,39
100119	Guia de concreto pré-moldada			m	57,14	5,39	308,00
100122	Corte de pavimento com disco			m	400,00	1,76	704,00
1003	RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS, GUIAS E SARJETAS COM REAPROVEITAMENTO TOTAL DO MATERIAL						
100307	Grama			m2	3.675,40	3,44	12.643,38
100310	Guia de concreto pré-moldada			m	57,14	15,18	867,43
1004	RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS, GUIAS E SARJETAS COM REAPROVEITAMENTO PARCIAL DO MATERIAL						
100401	Lajota pré-moldada de concreto			m2	216,20	28,11	6.077,38
1005	RECOMPOSIÇÃO DE PAVIMENTOS, GUIAS E SARJETAS SEM REAPROVEITAMENTO DO MATERIAL						
100501	Piso de concreto desempenado			m3	81,08	400,63	32.481,08
100502	Saibro			m3	55,86	57,61	3.218,09
100504	Asfalto			m2	186,20	69,21	12.886,90

<b>16</b>	<b>SERVIÇOS DIVERSOS</b>						
1608	PASSADIÇO PROVISÓRIO						
160802	De madeira para veículos			m2	50,00	28,76	1.438,00
1609	SERVIÇO EM FOSSA						
160901	Esgotamento			ud	5,00	35,00	175,00
160902	Travessia			m	10,00	30,00	300,00
1611	TRAVESSIA NÃO DESTRUTIVA						
161102	Com água			m	140,00	18,44	2.581,60
1613	LIMPEZA DE OBRA						
161301	Obra linear			m	10.000,00	1,01	10.100,00
161303	Lavagem de rede de esgoto			m	10.000,00	0,47	4.700,00

### ORÇAMENTO - DETALHADO

Nível	5
DN	350
Hm	2,99

2.163.144.68[illegible]

## **APÊNDICE – COLETORES E INTERCEPTORES**

N.	LOCAL	DENOMINAÇÃO	Prestadora	Projeto	VALOR BASE R\$	INCC	VALOR ATUAL R\$	R\$/m	Extensão (m)	DN (mm)	Material	DATA BASE	FONTE
1	Realeza PR	Inter C1	Sanepar	PE	23.250,24	2,792	64.914,66	107,12	606,00	200	PVC	mar/99	Cobrape
2	Porto Feliz SP	CT09	SAAE	PE	31.155,54	1,387	43.212,73	122,07	354,00	200	CERAMICO	ago/06	Gouvea da Costa
3	Capitão Leônidas Marques PR	Inter A2	Sanepar	PB	43.243,87	2,792	120.736,89	123,20	980,00	200	PVC	mar/99	Cobrape
4	Capitão Leônidas Marques PR	Inter A4	Sanepar	PB	42.420,56	2,792	118.438,20	127,63	928,00	200	PVC	mar/99	Cobrape
5	Realeza PR	Inter C2	Sanepar	PE	35.596,37	2,792	99.385,06	146,37	679,00	200	PVC	mar/99	Cobrape
6	Capitão Leônidas Marques PR	Inter A3	Sanepar	PB	35.981,96	2,792	100.461,63	157,22	639,00	200	PVC	mar/99	Cobrape
7	Porto Feliz SP	CT 10	SAAE	PE	55.383,20	1,387	76.816,50	179,48	428,00	200	CERAMICO	ago/06	Gouvea da Costa
8	Realeza PR	Inter B1	Sanepar	PE	32.948,70	2,792	91.992,78	183,99	500,00	200/250	PVC	mar/99	Cobrape
9	Porto Feliz SP	CT05	SAAE	PE	89.113,72	1,387	123.600,73	214,96	575,00	200	PVC	ago/06	Gouvea da Costa
10	Ponta Grossa PR	Inter 4A	Sanepar	PB	26.441,72	2,691	71.154,67	220,29	323,00	200	PVC	set/99	Cobrape
11	São Paulo SP	CT Estação Perus	Sabesp	PB	112.263,84	1,104	123.939,28	282,32	439,00	200	PVC	abr/10	Cobrape
12	Olímpia SP	Coletores 01, 02, 03, 04 e 05	SAMAE	PE	1.498.025,18	1,119	1.676.290,18	295,02	5.682,00	200/250/300	PVC	jan/10	Cobrape
13	Porto Feliz SP	CT07.1	SAAE	PE	43.163,12	1,387	59.867,25	305,45	196,00	200	CERAMICO	ago/06	Gouvea da Costa
14	Porto Feliz SP	CT11	SAAE	PE	142.398,72	1,387	197.507,02	306,88	643,60	200	PVC	ago/06	Gouvea da Costa
15	São Paulo SP	CT Clara Nunes	Sabesp	EC/ PB	47.637,83	1,104	52.592,16	324,64	162,00	200	PVC	abr/10	Cobrape
16	São Paulo SP	CT Melhoramentos	Sabesp	PB	380.321,37	1,104	419.874,79	364,47	1.152,00	200	PVC	abr/10	Cobrape
17	Colatina ES	Norte - CT Rio Doce ME 01	Sanear	PB	329.983,79	1,040	343.183,14	365,62	938,63	300	PVC	jan/11	Cobrape
18	Capitão Leônidas Marques PR	Inter A1	Sanepar	PB	77.328,75	2,792	215.901,87	370,33	583,00	300	PVC	mar/99	Cobrape
19	Ponta Grossa PR	Inter 5B	Sanepar	PB	290.103,59	2,691	780.668,76	370,86	2.105,00	300/400	PVC	set/99	Cobrape
20	São Paulo SP	CT Tom Jobim	Sabesp	PB	200.810,12	1,104	221.694,37	375,12	591,00	200	PVC	abr/10	Cobrape
21	São Paulo SP	CT Vila Aurora	Sabesp	PB	109.101,03	1,104	120.447,54	377,58	319,00	250	PVC	abr/10	Cobrape
22	São Paulo SP	CT Arthur de Azevedo	Sabesp	EC/ PB	90.088,18	1,104	99.457,35	397,83	250,00	200	PVC	abr/10	Cobrape
23	Colatina ES	Sul - CT Rio Santa Maria MD01	Sanear	PB	604.784,28	1,040	628.975,65	425,93	1.476,70	200/250/300	PVC	jan/11	Cobrape
24	São Paulo SP	CT Batista	Sabesp	EC/ PB	436.694,89	1,104	482.111,16	454,82	1.060,00	200/300	PVC	abr/10	Cobrape
25	São Paulo SP	CT Delegacia	Sabesp	EC/ PB	85.377,88	1,104	94.257,18	457,56	206,00	300/400	PVC	abr/10	Cobrape
26	Serrana SP	Coletores 01, 02, 03 e 04	SAMAE	PE	3.340.903,06	1,119	3.738.470,53	472,31	7.915,27	300"/400/450"/500/600"	PVC*/PRFV**/CONCRETO	jan/10	Cobrape
27	São Paulo SP	CT Final Barueri	Sabesp	EC/ PB	529.959,61	1,104	585.075,41	485,94	1.204,00	500/600	CONCRETO	abr/10	Cobrape
28	Pitangueiras SP	Coletor 01	SAMAE	PE	471.591,05	1,119	527.710,38	491,19	1074,35	700	CONCRETO	jan/10	Cobrape
29	São Paulo SP	CT Monte Azul Paulista	Sabesp	PB	127.448,34	1,104	140.702,97	543,25	259,00	250	PVC	abr/10	Cobrape
30	São Paulo SP	CT Antonio Lopes	Sabesp	PB	394.684,13	1,104	435.731,28	550,17	792,00	250	PVC	abr/10	Cobrape
31	São Paulo SP	CT Jaraguá	Sabesp	PB	931.969,17	1,104	1.028.893,96	620,94	1.657,00	200/300/400	PVC	abr/10	Cobrape
32	Porto Velho RO	CT - 4.23	Caerd	PB/ PE	381.497,00	1,148	437.958,56	621,04	705,20	250	PVC	mar/09	Hagaplan/Cobrape
33	São Paulo SP	CT Santa Fé	Sabesp	PB	1.392.771,64	1,104	1.537.619,89	631,99	2.433,00	300/400	PVC	abr/10	Cobrape
34	São Paulo SP	CT Acaricuara	Sabesp	PB	1.759.488,96	1,104	1.942.475,81	637,50	3.047,00	250/400/500*/600"	PVC/CONCRETO*	abr/10	Cobrape
35	São Paulo SP	CT Ernesto Bottoni	Sabesp	PB	769.723,46	1,104	849.774,70	643,28	1.321,00	250	PVC	abr/10	Cobrape
36	São Paulo SP	CT Pirapora	Sabesp	PB	873.515,09	1,104	964.360,66	712,23	1.354,00	200/300/400	PVC	abr/10	Cobrape
37	São Paulo SP	CT Vargem Grande	Sabesp	PB	3.134.065,29	1,104	3.460.008,08	723,70	4.781,00	200/250/300/400/500*/600"	PVC/CONCRETO*	abr/10	Cobrape
38	Porto Velho RO	CT - 2.3	Caerd	PB/ PE	470.157,14	1,148	539.740,39	740,18	729,20	250/300/350	PVC	mar/09	Hagaplan/Cobrape
39	Porto Velho RO	CT - 2.1	Caerd	PB/ PE	517.969,55	1,148	594.629,05	778,51	763,80	200/250/300	PVC	mar/09	Hagaplan/Cobrape
40	Porto Velho RO	CT - 4.25	Caerd	PB/ PE	1.254.246,61	1,148	1.439.875,11	830,02	1.734,75	200/250/400/500"	PVC/CONCRETO*	mar/09	Hagaplan/Cobrape
41	Colatina ES	Sul - CT Rio Doce MD01	Sanear	PB	2.342.718,09	1,040	2.436.426,81	842,92	2.890,46	250/300/350/400/450"	PVC/PRFV*	jan/11	Cobrape
42	São Paulo SP	CT Jardim Da Paz	Sabesp	PB	605.042,93	1,104	667.967,39	845,53	790,00	200	PVC	abr/10	Cobrape
43	São Paulo SP	CT Anhanguera	Sabesp	EC/ PB	1.746.254,00	1,104	1.927.864,42	972,69	1.982,00	200/250/300/600"	PVC/CONCRETO*	abr/10	Cobrape
44	Colatina ES	Sul - CT Rio Santa Maria ME01	Sanear	PB	450.107,24	1,040	468.111,53	1.039,44	450,35	200/250	PVC	jan/11	Cobrape
45	Porto Velho RO	CT - 4.14	Caerd	PB/ PE	601.997,13	1,148	691.092,70	1.258,36	549,20	300/400	PVC	mar/09	Hagaplan/Cobrape
46	São Paulo SP	CT São João	Sabesp	PB	615.018,70	1,104	678.980,64	1.300,73	522,00	250/400	PVC	abr/10	Cobrape
47	Colatina ES	Norte - CT São Silvano	Sanear	PB	3.155.371,00	1,040	3.281.585,84	1.498,64	2.189,71	400/450	FD	jan/11	Cobrape
48	Porto Velho RO	CT - 2.7	Caerd	PB/ PE	2.567.390,91	1,148	2.947.364,77	1.673,87	1.760,81	200/250/350	PVC	mar/09	Hagaplan/Cobrape
49	Porto Velho RO	CT - 2.8	Caerd	PB/ PE	4.870.587,52	1,148	5.591.434,47	1.925,15	2.904,42	200/250/300/350/500"	PVC/CONCRETO*	mar/09	Hagaplan/Cobrape
50	São Paulo SP	CT Perus	Sabesp	PB	4.838.853,30	1,104	5.342.094,04	1.951,81	2.737,00	800/900	CONCRETO	abr/10	Cobrape
51	Porto Velho RO	CT - 2.2	Caerd	PB/ PE	9.860.080,82	1,148	11.319.372,78	2.199,44	5.146,47	400*/500/700/800"	PVC*/CONCRETO	mar/09	Hagaplan/Cobrape
52	Porto Velho RO	CT - 4.30	Caerd	PB/ PE	12.704.354,26	1,148	14.584.598,70	2.408,53	6.055,40	500/600/700	CONCRETO	mar/09	Hagaplan/Cobrape
53	São Paulo SP	CT Humildes	Sabesp	PB	460.092,56	1,104	507.942,19	2.442,03	208,00	400	PVC	abr/10	Cobrape
54	São Paulo SP	CT Bandeirantes	Sabesp	EC/ PB	349.513,56	1,104	385.862,97	2.555,38	151,00	600	CONCRETO	abr/10	Cobrape
55	Porto Velho RO	CT - 2.9	Caerd	PB/ PE	2.374.585,88	1,148	2.726.024,59	3.134,26	869,75	600/700	CONCRETO	mar/09	Hagaplan/Cobrape

## **APÊNDICE – ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO**

N.	LOCAL	SUB-BACIA	TIPO	Prestadora	Projeto	OBS	VALOR BASE R\$	INCC	VALOR ATUAL R\$	VAZÃO (L/s)	ALTURA MANOMÉTRICA (mca)	POTÊNCIA (cv)	DATA	FONTE
1	Lorena SP	EEE Jd Augusta	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	267.715,19	1,324	354.454,91	3,94	4,32	0,50	jul/07	Cobrape
2	Porto Velho RO	EE4-4B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	360.100,80	1,148	413.395,72	1,00	3,96	0,50	mar/09	Hagaplan/Cobrape
3	São Bento do Sapucaí SP	EEE 5	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	585.147,03	1,387	811.598,93	0,93	2,95	0,50	ago/06	Cobrape
4	Ponta Grossa PR	EECC 1	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	49.063,20	2,691	132.029,07	3,76	8,29	1,36	set/99	Cobrape
5	Campos do Jordão SP	EEE-01	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	134.359,48	1,375	184.744,29	3,63	7,86	1,36	dez/06	Cobrape
6	São Bento do Sapucaí SP	EEE 3	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	315.232,45	1,387	437.227,41	2,77	7,95	1,36	ago/06	Cobrape
7	São Bento do Sapucaí SP	EEE 6	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	385.310,64	1,387	534.425,86	3,57	9,94	1,36	ago/06	Cobrape
8	Ponta Grossa PR	Final Santa Bárbara	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	73.596,20	2,691	198.047,36	7,95	7,37	2,00	set/99	Cobrape
9	Murutinga do Sul SF	EEE1	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	250.000,00	1,119	279.750,00	3,00	11,97	2,00	jan/10	Z Lima
10	Monteiro Lobato SP	EEE - São Benedito	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	265.310,00	1,395	370.107,45	3,12	9,26	2,40	jul/06	Cobrape
11	São Bento do Sapucaí SP	EEE 2	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	271.721,08	1,387	376.877,14	4,75	11,19	2,40	ago/06	Cobrape
12	S. J. Itaguçu SP	EEE1	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	220.000,00	1,119	246.180,00	5,20	19,58	2,50	jan/10	Z Lima
13	Lavrinhas SP	EEE6	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	123.790,86	2,595	321.237,27	4,72	8,40	2,50	jan/00	Cobrape
14	Lavrinhas SP	EEE2	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	140.890,44	2,595	365.610,69	2,64	8,35	2,50	jan/00	Cobrape
15	Lavrinhas SP	EEE4	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	151.500,63	2,595	393.144,12	1,35	3,10	2,50	jan/00	Cobrape
16	Nova Cardoso SP	EEEF	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	206.000,00	1,119	230.514,00	5,00	11,16	3,00	jan/10	Z Lima
17	Colatina ES	N03	Submersível	Sanear	PB	Estravador	240.517,40	1,040	250.138,10	7,00	22,15	3,00	jan/11	Cobrape
18	Caçapava SP	EEE 2	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	244.039,62	1,382	337.262,75	5,00	15,47	3,00	set/06	Cobrape
19	Porto Velho RO	EE2-3A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	401.213,42	1,148	460.593,00	4,00	16,73	3,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
20	Porto Velho RO	EE2-4A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	420.531,88	1,148	482.770,60	12,00	11,77	3,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
21	Porto Velho RO	EE4-3B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	432.406,33	1,148	496.402,47	12,00	8,96	3,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
22	Lavrinhas SP	EEE11	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	152.165,67	2,595	394.869,92	3,99	11,55	3,70	jan/00	Cobrape
23	Pato Branco PR	EEE final	Submersível	Sanepar	PE	Estravador	29.768,16	2,892	86.089,52	3,47	10,00	4,00	jan/98	Cobrape
24	Ibaiti PR	Oscar Negrão	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	107.829,71	1,465	157.970,53	3,10	29,50	4,00	jul/05	Cobrape
25	São Bento do Sapucaí SP	EEE 4	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	209.182,34	1,387	290.135,91	11,35	10,29	4,00	ago/06	Cobrape
26	Lavrinhas SP	EEE1	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	169.068,46	2,595	438.732,66	3,23	20,47	4,00	jan/00	Cobrape
27	Porto Velho RO	EE2-2D	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	492.839,84	1,148	565.780,14	7,50	18,10	4,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
28	Colatina ES	N02	Submersível	Sanear	PB	Estravador	257.817,47	1,040	268.130,17	4,00	25,50	4,50	jan/11	Cobrape
29	Colatina ES	N07	Submersível	Sanear	PB	Estravador	257.817,47	1,040	268.130,17	5,00	22,40	5,00	jan/11	Cobrape
30	Açailândia MA	A4	Re-auto Escorvante	Caema	PE	Gerador	139.276,15	2,393	333.287,83	6,70	17,64	5,00	fev/01	Cobrape
31	Caçapava SP	EEE 3	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	287.798,20	1,382	397.737,11	5,00	27,83	5,00	set/06	Cobrape
32	Porto Velho RO	EE2-3D	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	387.716,69	1,148	445.098,75	7,50	14,81	5,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
33	Lavrinhas SP	EEE10	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	184.031,13	2,595	477.560,79	20,16	11,10	5,00	jan/00	Cobrape
34	Porto Velho RO	EE3-1A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	522.537,39	1,148	599.872,93	30,00	4,19	5,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
35	Colatina ES	S02	Submersível	Sanear	PB	Estravador	342.681,03	1,040	356.388,27	25,00	11,60	6,00	jan/11	Cobrape
36	Juritis SP	EEE1	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	230.000,00	1,119	257.370,00	4,00	34,86	6,25	jan/10	Z Lima
37	Colatina ES	N06	Submersível	Sanear	PB	Estravador	240.517,40	1,040	250.138,10	8,00	29,65	7,50	jan/11	Cobrape
38	Mirassolândia SP	Nova Macaúbas	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	300.898,70	1,119	336.705,65	3,00	33,75	7,60	jan/10	Cobrape
39	Santo Antônio do Sudoeste PR	EEE-D1	Submersível	Sanepar	PE	Estravador	81.989,10	2,792	228.913,58	21,34	15,30	9,00	mar/99	Cobrape
40	Santa Adélia SP	Final	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	390.480,58	1,119	436.947,77	6,00	32,18	9,39	jan/10	Cobrape
41	Colatina ES	S04	Submersível	Sanear	PB	Estravador	335.279,46	1,040	348.690,64	6,00	45,15	10,00	jan/11	Cobrape
42	Porto Velho RO	EE2-1D	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	445.630,72	1,148	511.584,07	12,00	17,68	10,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
43	Nazaré Paulista SP	EEE - Nazaré Paulista	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	397.227,22	1,288	511.628,66	7,00	38,72	10,00	fev/08	Cobrape
44	Caçapava SP	EEE Cowan	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	371.059,04	1,382	512.803,59	19,00	15,21	10,00	set/06	Cobrape
45	Porto Velho RO	EE2-5B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	611.745,41	1,148	702.283,74	30,00	11,87	10,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
46	Porto Velho RO	EE4-2B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	629.233,96	1,148	722.360,58	40,00	8,87	10,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
47	São Paulo SP	EEE Arthur de Azevedo	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	835.417,06	1,104	922.300,43	5,00	70,00	10,00	abr/10	Cobrape
48	Lavrinhas SP	EEE5	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	379.206,04	2,595	984.039,67	22,12	15,80	10,00	jan/00	Cobrape
49	Lavrinhas SP	EEE9	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	511.723,68	2,595	1.327.922,96	15,85	25,60	10,00	jan/00	Cobrape
50	Ponta Grossa PR	EEPI 2	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	63.365,38	2,691	170.516,24	5,31	39,83	10,90	set/99	Cobrape
51	Açailândia MA	A6	Submersível	Caema	PE	Gerador	132.855,28	2,393	317.922,70	5,53	46,40	12,00	fev/01	Cobrape
52	São Bento do Sapucaí SP	EEE 1	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	361.039,99	1,387	500.762,47	27,13	13,71	12,00	ago/06	Cobrape
53	Açailândia MA	A7	Re-auto Escorvante	Caema	PE	Gerador	146.963,65	2,393	351.684,02	28,65	14,07	12,50	fev/01	Cobrape
54	Porto Velho RO	EE4-2C	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	467.786,96	1,148	537.019,42	20,00	20,85	12,50	mar/09	Hagaplan/Cobrape
55	São Bento do Sapucaí SP	EEE final	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	429.116,04	1,387	595.183,95	39,87	12,63	12,50	ago/06	Cobrape
56	Porto Velho RO	EE2-6B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	518.995,59	1,148	595.806,94	40,00	16,24	12,50	mar/09	Hagaplan/Cobrape
57	Colatina ES	S01	Submersível	Sanear	PB	Estravador	511.408,86	1,040	531.865,21	35,00	19,60	13,00	jan/11	Cobrape
58	Açailândia MA	A3	Submersível	Caema	PE	Gerador	143.932,37	2,393	344.430,16	13,53	33,40	15,00	fev/01	Cobrape
59	Igaratá SP	EEE Enoch	Desloc. Pos. helicoidal	Sabesp	PE	Estravador	281.410,48	1,381	388.627,87	5,00	63,00	15,00	out/06	Cobrape
60	Almirante Tamandaré PR	Tranqueiras	Submersível	Sanepar	PE	Tanque de Acúmulo	272.899,58	1,465	399.797,88	20,05	25,52	15,50	jul/05	Cobrape
61	Ponta Grossa PR	EETB 1	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	64.906,08	2,691	174.662,26	5,00	56,86	16,30	set/99	Cobrape
62	Ponta Grossa PR	EETQ 2	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	69.336,62	2,691	186.584,84	5,01	56,89	16,30	set/99	Cobrape
63	Ponta Grossa PR	EETQ 4	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	66.197,30	2,691	178.136,93	4,81	64,06	16,32	set/99	Cobrape
64	Guarapiranga SP	EEEF	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	240.000,00	1,119	268.560,00	8,00	24,86	17,00	jan/10	Z Lima
65	Açailândia MA	A1	Submersível	Caema	PE	Gerador	130.777,74	2,393	312.951,14	8,49	53,30	17,00	fev/01	Cobrape
66	Murutinga do Sul SF	EEE2	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	250.000,00	1,119	279.750,00	15,00	25,76	18,00	jan/10	Z Lima
67	Colatina ES	N05	Submersível	Sanear	PB	Estravador	444.209,50	1,040	461.977,88	30,00	30,00	20,00	jan/11	Cobrape
68	Ibaiti PR	Sto Antonio de Pádua	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	120.811,51	1,465	176.988,86	10,00	65,00	22,00	jul/05	Cobrape
69	Ponta Grossa PR	EETQ 1	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	64.322,75	2,691	173.092,52	4,93	74,48	22,58	set/99	Cobrape

N.	LOCAL	SUB-BACIA	TIPO	Prestadora	Projeto	OBS	VALOR BASE R\$	INCC	VALOR ATUAL R\$	VAZÃO (L/s)	ALTURA MANOMÉTRICA (mca)	POTÊNCIA (cv)	DATA BASE	FONTE
70	Borebi SP	EEEE	Submersível	SAMAE	PE	Estravador	270.000,00	1,119	302.130,00	19,00	40,41	25,00	jan/10	Z Lima
71	Porto Velho RO	EE4-4C	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	503.607,87	1,148	578.141,84	40,00	21,46	25,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
72	Porto Velho RO	EE2-1A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	855.933,67	1,148	982.611,85	60,00	17,32	25,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
73	São Miguel do Içuaçu PR	Final	Submersível	Sanepar	PE	Estravador	73.546,16	2,740	201.516,48	31,05	4,54	27,00	jun/99	Cobrape
74	Igaratá SP	EEE 3 M	Desloc. Pos. helicoidal	Sabesp	PE	Estravador	325.410,41	1,381	449.391,78	5,00	120,00	30,00	out/06	Cobrape
75	Caçapava SP	EEE 1	Submersível	Sabesp	PE	Estravador	415.669,13	1,382	574.454,74	20,00	41,49	30,00	set/06	Cobrape
76	Porto Velho RO	EE2-2A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	724.266,71	1,148	831.458,18	60,00	24,45	30,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
77	Ponta Grossa PR	Final Cará-Cará	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	125.190,51	2,691	336.887,66	83,60	15,79	40,00	set/99	Cobrape
78	Porto Velho RO	EE4-3C	Submersível	Caerd	PB/ PE	Estravador	700.177,26	1,148	803.803,49	40,00	33,22	40,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
79	Porto Velho RO	EE4-6C	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	2.781.814,69	1,148	3.193.523,26	180,00	10,00	40,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
80	Açailândia MA	A2	Submersível	Caema	PE	Gerador	216.353,76	2,393	517.734,55	33,64	52,80	50,00	fev/01	Cobrape
81	São Paulo SP	EEE Formigas	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	853.518,63	1,104	942.284,57	30,00	61,00	50,00	abr/10	Cobrape
82	Colatina ES	N01	Submersível	Sanear	PB	Estravador	523.934,21	1,040	544.891,58	35,00	36,00	55,00	jan/11	Cobrape
83	Porto Velho RO	EE4-1B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	883.824,73	1,148	1.014.630,80	70,00	38,08	60,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
84	Pitangueiras SP	Final	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	1.299.352,32	1,119	1.453.975,25	135,00	18,42	61,00	jan/10	Cobrape
85	Açailândia MA	A5a	Submersível	Caema	PE	Gerador	244.759,50	2,393	585.709,49	76,56	32,80	65,00	fev/01	Cobrape
86	Colatina ES	S03	Submersível	Sanear	PB	Estravador	1.175.144,41	1,040	1.222.150,19	120,00	33,30	75,00	jan/11	Cobrape
87	Porto Velho RO	EE4-1C	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	1.085.486,35	1,148	1.246.138,33	100,00	35,49	75,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
88	Açailândia MA	A5b	Submersível	Caema	PE	Gerador	276.263,71	2,393	661.099,05	76,56	49,00	83,00	fev/01	Cobrape
89	Porto Velho RO	EE2-7B	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	1.625.544,48	1,148	1.866.125,06	120,00	36,68	85,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
90	Ibaiti PR	Sto Antonio	Submersível	Sanepar	PB	Estravador	127.600,57	1,465	186.934,84	36,50	79,69	93,00	jul/09	Cobrape
91	Olimpia SP	Reversão	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	728.832,67	1,119	815.563,76	40,00	65,82	100,00	jan/10	Cobrape
92	Porto Velho RO	EE1-1A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	931.985,04	1,148	1.069.918,83	70,00	51,88	100,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
93	Porto Velho RO	EE2-5A	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	2.211.412,24	1,148	2.538.701,25	156,00	19,00	100,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
94	Porto Velho RO	EE4-5C	Submersível	Caerd	PB/ PE	Gerador	1.597.917,28	1,148	1.834.409,04	162,00	31,20	117,00	mar/09	Hagaplan/Cobrape
95	Serrana SP	Final	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	1.140.328,57	1,119	1.276.027,67	195,00	31,34	123,00	jan/10	Cobrape
96	São Paulo SP	EEE Batista	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	1.241.442,47	1,104	1.370.552,48	55,00	77,00	125,00	abr/10	Cobrape
97	Ibitinga SP	EEE1	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	960.000,00	1,119	1.074.240,00	310,00	16,80	150,00	jan/10	Z Lima
98	Colatina ES	N04	Submersível	Sanear	PB	Estravador	1.348.461,27	1,040	1.402.399,72	160,00	44,25	175,00	jan/11	Cobrape
99	Olimpia SP	Final	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	1.200.062,77	1,119	1.342.870,24	190,00	36,37	176,00	jan/10	Cobrape
100	Taquaritinga SP	EEE1	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	870.000,00	1,119	973.530,00	310,00	19,32	200,00	jan/10	Z Lima
101	Ibitinga SP	EEE2	Submersível	SAMAE	PE	Gerador	1.080.000,00	1,119	1.208.520,00	380,00	23,10	200,00	jan/10	Z Lima
102	São Paulo SP	EEE Santa Fé	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	1.421.670,50	1,104	1.569.524,23	200,00	44,00	250,00	abr/10	Cobrape
103	São Paulo SP	EEE Anhangüera	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	3.039.352,29	1,104	3.355.444,93	170,00	83,00	350,00	abr/10	Cobrape
104	São Paulo SP	EEE Perus	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	5.479.705,68	1,104	6.049.595,07	480,00	61,00	450,00	abr/10	Cobrape
105	São Paulo SP	EEE Bandeirantes	Submersível	Sabesp	EC/ PB	Gerador	3.075.331,64	1,104	3.395.166,13	260,00	59,00	550,00	abr/10	Cobrape

## **APÊNDICE – LINHAS DE RECALQUE**



N.	LOCAL	SUB-BACIA	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	Extensão (m)	DN (mm)	Material	DATA BASE	FONTE
1	Açailândia MA	A1	Caema	PE	33.235,29	576,47	100	PVC	fev/01	Cobrape
2	Açailândia MA	A2	Caema	PE	85.989,80	1.258,16	200	PVC	fev/01	Cobrape
3	Açailândia MA	A3	Caema	PE	17.383,90	526,58	150	PVC	fev/01	Cobrape
4	Açailândia MA	A4	Caema	PE	48.158,28	473,79	100	PVC	fev/01	Cobrape
5	Açailândia MA	A5a	Caema	PE	327.688,67	1.420,78	400	FoFo	fev/01	Cobrape
6	Açailândia MA	A5b	Caema	PE	245.891,01	1.153,10	400	FoFo	fev/01	Cobrape
7	Açailândia MA	A6	Caema	PE	41.139,00	1.476,36	150	PVC	fev/01	Cobrape
8	Açailândia MA	A7	Caema	PE	24.940,36	555,94	200	PVC	fev/01	Cobrape
9	Almirante Tamandaré PR	Tranqueiras	Sanepar	PE	240.775,20	2.502,00	160	PEAD	jul/05	Cobrape
10	Colatina ES	N01	Sanear	PB	1.087.620,09	3.268,00	225	PEAD	jan/11	Cobrape
11	Colatina ES	N02	Sanear	PB	172.003,00	1.112,00	90	PEAD	jan/11	Cobrape
12	Colatina ES	N03	Sanear	PB	96.135,78	497,00	110	PEAD	jan/11	Cobrape
13	Colatina ES	N04	Sanear	PB	5.107.343,26	5.688,00	450	PEAD	jan/11	Cobrape
14	Colatina ES	N05	Sanear	PB	429.043,53	1.453,00	200	PEAD	jan/11	Cobrape
15	Colatina ES	N06	Sanear	PB	232.539,21	1.020,00	125	PEAD	jan/11	Cobrape
16	Colatina ES	N07	Sanear	PB	58.442,83	440,00	90	PEAD	jan/11	Cobrape
17	Colatina ES	S01	Sanear	PB	274.661,40	758,00	225	PEAD	jan/11	Cobrape
18	Colatina ES	S02	Sanear	PB	61.662,91	215,00	180	PEAD	jan/11	Cobrape
19	Colatina ES	S03	Sanear	PB	1.651.661,48	3.295,00	400	PEAD	jan/11	Cobrape
20	Colatina ES	S04	Sanear	PB	262.582,18	1.365,00	110	PEAD	jan/11	Cobrape
21	Ibaiti PR	Oscar Negrão	Sanepar	PB	75.235,13	392,46	90	PEAD	jul/05	Cobrape
22	Ibaiti PR	Sto Antonio	Sanepar	PB	33.711,37	847,94	225	PEAD	jul/05	Cobrape
23	Ibaiti PR	Sto Antonio de Pádua	Sanepar	PB	64.551,00	738,64	110	PEAD	jul/05	Cobrape
24	Mirassolândia SP	Nova Macaúbas	SAMAE	PE	81.103,14	524,77	63	PEAD	jan/10	Cobrape
25	Olímpia SP	Final	SAMAE	PE	2.095.480,67	3.006,00	500	PRFV	jan/10	Cobrape
26	Olímpia SP	Reversão	SAMAE	PE	716.051,23	1.902,00	250	PEAD	jan/10	Cobrape
27	Pitangueiras SP	Final	SAMAE	PE	1.309.975,62	2.232,00	400	PRFV	jan/10	Cobrape
28	Serrana SP	Final	SAMAE	PE	1.207.051,60	2.016,00	450	PRFV	jan/10	Cobrape
29	São Paulo SP	LR Formigas	Sabesp	EC/ PB	487.109,63	905,00	200	FD	abr/10	Cobrape
30	São Paulo SP	LR Santa Fé	Sabesp	EC/ PB	1.995.754,18	1.675,00	450	FD	abr/10	Cobrape
31	São Paulo SP	LR Anhanguera	Sabesp	EC/ PB	1.847.525,12	1.528,00	450	FD	abr/10	Cobrape
32	São Paulo SP	LR Arthur de Azevedo	Sabesp	EC/ PB	248.216,17	610,00	100	FD	abr/10	Cobrape
33	São Paulo SP	LR Batista	Sabesp	EC/ PB	1.049.881,90	1.549,00	250	FD	abr/10	Cobrape
34	São Paulo SP	LR Bandeirantes	Sabesp	EC/ PB	4.240.459,87	1.572,00	600	FD	abr/10	Cobrape
35	São Paulo SP	LR Perus	Sabesp	EC/ PB	4.696.811,96	1.347,00	700	FD	abr/10	Cobrape
36	Ponta Grossa PR	EEPI 2	Sanepar	PB	45.979,77	753,00	100	FD	set/99	Cobrape
37	Ponta Grossa PR	Final Santa Bárbara	Sanepar	PB	3.134,04	48,10	100	FD	set/99	Cobrape
37	Ponta Grossa PR	Final Cará-Cará	Sanepar	PB	13.201,87	118,00	300	FD	set/99	Cobrape

N.	LOCAL	SUB-BACIA	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	Extensão (m)	DN (mm)	Material	DATA BASE	FONTE
38	Ponta Grossa PR	EETB 1	Sanepar	PB	70.517,80	1.175,00	100	FD	set/99	Cobrape
39	Ponta Grossa PR	EETQ 1	Sanepar	PB	59.637,91	915,30	100	FD	set/99	Cobrape
40	Ponta Grossa PR	EETQ 2	Sanepar	PB	57.799,54	1.097,00	100	FD	set/99	Cobrape
41	Ponta Grossa PR	EETQ 4	Sanepar	PB	34.424,66	745,53	100	FD	set/99	Cobrape
42	Porto Velho RO	LR1-1A	Caerd	PB/ PE	385.500,68	2.037,53	280	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
43	Porto Velho RO	LR2-1A	Caerd	PB/ PE	82.257,18	303,04	250	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
44	Porto Velho RO	LR2-1D	Caerd	PB/ PE	15.744,13	371,85	125	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
45	Porto Velho RO	LR2-2A	Caerd	PB/ PE	123.076,32	453,42	250	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
46	Porto Velho RO	LR2-2D	Caerd	PB/ PE	8.967,63	273,32	110	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
47	Porto Velho RO	LR2-3A	Caerd	PB/ PE	6.302,93	411,15	75	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
48	Porto Velho RO	LR2-3D	Caerd	PB/ PE	8.260,90	251,78	110	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
49	Porto Velho RO	LR2-4A	Caerd	PB/ PE	17.408,09	411,15	125	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
50	Porto Velho RO	LR2-5A	Caerd	PB/ PE	595.178,43	1.639,61	500	PRFV	mar/09	Hagaplan/Cobrape
51	Porto Velho RO	LR2-5B	Caerd	PB/ PE	13.306,23	207,78	180	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
52	Porto Velho RO	LR2-6B	Caerd	PB/ PE	31.337,50	312,50	225	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
53	Porto Velho RO	LR2-7B	Caerd	PB/ PE	1.684.815,44	5.470,18	450	PRFV	mar/09	Hagaplan/Cobrape
54	Porto Velho RO	LR3-1A	Caerd	PB/ PE	2.001,89	31,26	180	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
55	Porto Velho RO	LR4-1B	Caerd	PB/ PE	390.427,44	2.063,57	280	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
56	Porto Velho RO	LR4-1C	Caerd	PB/ PE	429.893,71	2.207,98	315	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
57	Porto Velho RO	LR4-2B	Caerd	PB/ PE	7.320,30	92,23	200	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
58	Porto Velho RO	LR4-2C	Caerd	PB/ PE	13.367,84	344,00	140	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
59	Porto Velho RO	LR4-3B	Caerd	PB/ PE	5.484,30	129,53	125	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
60	Porto Velho RO	LR4-3C	Caerd	PB/ PE	90.824,68	1.144,32	200	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
61	Porto Velho RO	LR4-4B	Caerd	PB/ PE	401,79	58,57	50	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
62	Porto Velho RO	LR4-4C	Caerd	PB/ PE	53.868,42	678,70	200	PEAD	mar/09	Hagaplan/Cobrape
63	Porto Velho RO	LR4-5C	Caerd	PB/ PE	420.081,20	1.363,90	450	PRFV	mar/09	Hagaplan/Cobrape
64	Porto Velho RO	LR4-6C	Caerd	PB/ PE	2.070.699,40	4.377,80	600	PRFV	mar/09	Hagaplan/Cobrape
65	Porto Velho RO	LR4-6B	Caerd	PB/ PE	1.271.080,80	4.814,70	400	PRFV	mar/09	Hagaplan/Cobrape
66	Santo Antônio do Sudoeste PR	EEE-D1	Sanepar	PE	39.474,30	370,00	250	PEAD	mar/99	Cobrape
67	Caçapava SP	EEE 1	Sabesp	PE	313.163,68	1.229,35	150	FoFo	set/06	Cobrape
68	Caçapava SP	EEE 2	Sabesp	PE	66.136,56	231,02	80	FoFo	set/06	Cobrape
69	Caçapava SP	EEE 3	Sabesp	PE	177.890,29	826,05	100	FoFo	set/06	Cobrape
70	Campos do Jordão SP	EEE-01	Sabesp	PE	41.344,46	180,00	80	FoFo	dez/06	Cobrape
71	Igaratá SP	EEE 3 M	Sabesp	PE	171.259,05	940,00	75	FoFo	out/06	Cobrape
72	Igaratá SP	EEE Enoch	Sabesp	PE	76.777,99	379,88	75	FoFo	out/06	Cobrape
73	Lorena SP	EEE Jd Augusta	Sabesp	PE	21.019,23	92,00	80	FoFo	jul/07	Cobrape
74	São Bento do Sapucaí SP	EEE 1	Sabesp	PE	222.572,14	545,91	200	FoFo	ago/06	Cobrape
75	São Bento do Sapucaí SP	EEE 3	Sabesp	PE	115.610,76	191,00	80	FoFo	ago/06	Cobrape
76	São Bento do Sapucaí SP	EEE 4	Sabesp	PE	144.858,54	600,00	150	FoFo	ago/06	Cobrape
77	São Bento do Sapucaí SP	EEE 5	Sabesp	PE	29.176,75	90,00	80	FoFo	ago/06	Cobrape

N.	LOCAL	SUB-BACIA	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	Extensão (m)	DN (mm)	Material	DATA BASE	FONTE
78	São Bento do Sapucaí SP	EEE 6	Sabesp	PE	83.157,14	350,00	80	FoFo	ago/06	Cobrape
79	São Bento do Sapucaí SP	EEE final	Sabesp	PE	384.617,07	1.034,00	300	FoFo	ago/06	Cobrape
80	Chapadinha MA	LR A1	Caema	PE	33.128,54	435,16	100	PVC DEFoFo	fev/01	Cobrape
81	Chapadinha MA	LR A2	Caema	PE	316.250,88	2.198,56	250	PVC DEFoFo	fev/01	Cobrape
82	Chapadinha MA	LR A3	Caema	PE	291.586,09	2.525,94	250	PVC DEFoFo	fev/01	Cobrape
83	Chapadinha MA	LR A4	Caema	PE	153.984,12	1.805,18	200	PVC DEFoFo	fev/01	Cobrape
84	Chapadinha MA	LR A5	Caema	PE	57.860,60	648,39	100	PVC DEFoFo	fev/01	Cobrape
85	Chapadinha MA	LR A6	Caema	PE	57.316,95	630,34	150	PVC DEFoFo	fev/01	Cobrape
86	Chapadinha MA	LR FINAL	Caema	PE	226.639,43	972,01	400	FoFo	fev/01	Cobrape
87	Coelho Neto MA	LR FINAL	Caema	PE	228.331,07	2.046,62	300	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
88	Coelho Neto MA	LR 02	Caema	PE	25.951,72	419,34	100	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
89	Coelho Neto MA	LR 03	Caema	PE	25.318,99	265,48	200	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
90	Lago da Pedra MA	LR A1	Caema	PE	132.644,33	1.188,49	300	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
91	Lago da Pedra MA	LR A2	Caema	PE	116.891,39	735,24	250	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
92	Lago da Pedra MA	LR A3	Caema	PE	49.545,42	445,68	200	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
93	Lago da Pedra MA	LR A4	Caema	PE	12.667,52	229,93	150	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
94	Lago da Pedra MA	LR A5	Caema	PE	15.127,26	213,51	200	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
95	Lago da Pedra MA	LR B1	Caema	PE	99.602,23	805,86	200	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
96	Lago da Pedra MA	LR B2	Caema	PE	18.046,06	363,03	150	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
97	Lago da Pedra MA	LR B3	Caema	PE	14.944,94	374,23	100	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
98	Lago da Pedra MA	LR B4	Caema	PE	7.650,04	236,40	75	PVC DEFoFo	jun/01	Cobrape
99	São Mateus MA	LR FINAL	Caema	PE	182.882,61	1.601,33	300	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
100	São Mateus MA	LR 02	Caema	PE	140.274,89	1.593,70	250	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
101	São Mateus MA	LR 03	Caema	PE	62.308,57	1.612,03	100	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
102	São Mateus MA	LR 04	Caema	PE	38.891,52	551,87	150	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
103	São Mateus MA	LR 05	Caema	PE	73.783,37	1.127,11	200	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
104	Zé Doca MA	LR A1	Caema	PE	51.348,81	473,75	300	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
105	Zé Doca MA	LR A2	Caema	PE	38.710,16	896,91	150	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
106	Zé Doca MA	LR A3	Caema	PE	44.479,62	655,68	250	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
107	Zé Doca MA	LR A4	Caema	PE	106.643,61	888,63	250	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
108	Zé Doca MA	LR A5	Caema	PE	11.062,05	240,70	150	PVC DEFoFo	nov/01	Cobrape
109	Pato Branco PR	LR final	Sanepar	PE	7.697,40	150,00	80	FD	jan/98	Cobrape
110	Lavrinhas SP	EEE1	Sabesp	PE	42.319,70	443,29	80	FoFo	jan/00	Cobrape
111	Lavrinhas SP	EEE2	Sabesp	PE	25.361,04	265,55	80	FoFo	jan/00	Cobrape
112	Lavrinhas SP	EEE4	Sabesp	PE	3.405,52	27,14	80	FoFo	jan/00	Cobrape
113	Lavrinhas SP	EEE5	Sabesp	PE	114.703,78	615,01	200	FoFo	jan/00	Cobrape
114	Lavrinhas SP	EEE6	Sabesp	PE	4.611,94	29,75	80	FoFo	jan/00	Cobrape
115	Lavrinhas SP	EEE9	Sabesp	PE	126.373,93	898,00	150	FoFo	jan/00	Cobrape
116	Lavrinhas SP	EEE10	Sabesp	PE	24.439,06	190,23	150	FoFo	jan/00	Cobrape

N.	LOCAL	SUB-BACIA	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	Extensão (m)	DN (mm)	Material	DATA BASE	FONTE
117	Lavrinhas SP	EEE11	Sabesp	PE	7.205,58	67,26	80	FoFo	jan/00	Cobrape
118	Porto Feliz SP	LR-01	SAAE	PE	34.632,90	270,00	100	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
119	Porto Feliz SP	LR-02	SAAE	PE	64.398,40	176,00	200	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
120	Porto Feliz SP	LR-03	SAAE	PE	64.498,14	678,00	150	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
121	Porto Feliz SP	LR-04	SAAE	PE	291.720,00	1.275,00	300	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
122	Porto Feliz SP	LR-05	SAAE	PE	894.124,80	3.268,00	400	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
123	Porto Feliz SP	LR-06	SAAE	PE	312.567,36	1.446,00	250	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
124	Porto Feliz SP	LR-07	SAAE	PE	58.575,60	307,00	100	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
125	Porto Feliz SP	LR-08	SAAE	PE	30.205,02	141,00	100	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
126	Porto Feliz SP	LR-09	SAAE	PE	160.257,98	1.037,00	200	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
127	Porto Feliz SP	LR-09A	SAAE	PE	80.609,12	521,00	200	RPVC JE	ago/06	Gouvea da Costa
128	Juritis SP	EEE1	SAMAE	PE	230.000,00	1.888,00	90	PEAD	jan/10	Z Lima
129	Nova Cardoso SP	EEEE	SAMAE	PE	3.407,00	78,00	75	PEAD	jan/10	Z Lima
130	S. J. Itaguaçu SP	EEE1	SAMAE	PE	125.000,00	976,00	90	PEAD	jan/10	Z Lima
131	Guarapiranga SP	EEEE	SAMAE	PE	181.000,00	1.442,00	110	PEAD	jan/10	Z Lima
132	Murutinga do Sul SP	EEE1	SAMAE	PE	30.000,00	251,00	75	PEAD	jan/10	Z Lima
133	Murutinga do Sul SP	EEE2	SAMAE	PE	350.000,00	2.840,00	140	PEAD	jan/10	Z Lima
134	Borebi SP	EEEE	SAMAE	PE	400.000,00	1.893,00	160	PEAD	jan/10	Z Lima
135	Ibitinga SP	EEE1	SAMAE	PE	90.000,00	150,00	500	PRFV	jan/10	Z Lima
136	Ibitinga SP	EEE2	SAMAE	PE	1.250.000,00	1.464,00	600	PRFV	jan/10	Z Lima
137	Taquaritinga SP	EEE1	SAMAE	PE	400.000,00	264,00	500	PRFV	jan/10	Z Lima

## **APÊNDICE – ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO**

N.	LOCAL	PROCESSO	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	VAZÃO (L/s)	POP	DATA BASE	FONTE
1	Açailândia MA	Lagoas de estabilização anaeróbias, facultativas secundárias e lagoas de maturação	Caema	PE	1.923.631,75	72,84	82.697	fev/01	Cobrape
2	Colatina ES	Reatores Anaeróbios	Sanear	PB	10.600.828,06	204,57	110.133	jan/11	Cobrape
3	Ibaiti PR	Reator UASB seguido de Filtro Biológico Aeróbio	Sanepar	PB	1.538.657,67	45,97	26.374	jul/05	Cobrape
4	Mirassolândia SP	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	1.259.227,48	2,50	1.367	jan/10	Cobrape
5	Olímpia SP	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	PE	13.680.653,48	112,73	60.869	jan/10	Cobrape
6	Pitangueiras SP	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	PE	11.539.402,08	76,13	45.572	jan/10	Cobrape
7	Santa Adélia SP	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	1.520.978,55	3,06	1.702	jan/10	Cobrape
8	Serrana SP	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	PE	13.460.909,05	100,26	56.541	jan/10	Cobrape
9	São Paulo SP - ETE Perus	Reatores anaeróbios + LA + Decantadores secundários	Sabesp	EC/ PB	51.593.868,27	557,69	331.214	abr/10	Cobrape
10	São Miguel do Iguçu PR	RALF + Filtro Biológico + Decantadores	Sanepar	PE	458.024,03	31,05	17.012	jun/99	Cobrape
11	Itaipulândia PR	RALF + Lagoa Facultativa	Sanepar	PE	308.413,69	7,02	3.692	mar/99	Cobrape
12	Pato Branco PR - ETE São João	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	PE	126.068,44	2,44	1.509	jan/98	Cobrape
13	Ponta Grossa PR - ETE Cará-Cará	RALF + Filtro Biológico	Sanepar	PE	982.499,79	49,99	35.990	mar/99	Cobrape
14	Ponta Grossa PR - ETE Congonhas	RALF + Lagoa Facultativa Secundária	Sanepar	PE	1.358.152,28	46,06	33.161	mar/99	Cobrape
15	Ponta Grossa PR - ETE Santa Bárbara	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	PE	337.893,85	4,08	2.940	mar/99	Cobrape
16	Ponta Grossa PR - ETE Gertrudes	RALF + Filtro Biológico Convencional	Sanepar	PE	1.262.431,65	37,53	27.024	mar/99	Cobrape
17	Ponta Grossa PR - ETE Santa Marta	RALF + Lagoa Facultativa	Sanepar	PE	730.812,67	8,70	6.265	mar/99	Cobrape
18	Porto Velho RO - ETE Norte	Reatores Anaeróbios e Lodos Ativos de Áreação	Caerd	PB/ PE	50.842.010,38	314,29	150.578	mar/09	Hagaplan/Cobrape
19	Porto Velho RO - ETE Sul	Lagoas de Estabilização	Caerd	PB/ PE	116.254.989,94	322,00	154.272	mar/09	Hagaplan/Cobrape
20	Santo Antônio do Sudoeste PR	RALF + Lagoa Facultativa	Sanepar	PE	568.750,55	21,34	12.618	mar/99	Cobrape
21	Lavrinhas SP - ETE Sede	Lodos Ativados por Batelada	Sabesp	PE	821.983,74	14,90	8.046,0	jan/00	Cobrape
22	Lavrinhas SP - ETE Jacu	Fossa Séptica + Lodos Ativados por Batelada	Sabesp	PE	493.814,47	2,83	1.528	jan/00	Cobrape
23	Lavrinhas SP - ETE Pinheiros	Fossa Séptica + Lodos Ativados por Batelada	Sabesp	PE	455.392,93	2,43	1.312	jan/00	Cobrape
24	Santa Tereza do Oeste PR - ETE 1	RALF	Sanepar	PB	1.368.546,78	10,00	7.200	jul/09	Z Lima
25	Santa Tereza do Oeste PR - ETE 2	RALF + Lagoa de Polimento	Sanepar	PB	2.341.554,62	10,00	7.200	jul/09	Z Lima
26	Arapongas PR - ETE Bandeirante	Reatores UASB + Filtros biológicos + Decantadores secundários	Sanepar	PB	16.341.256,39	160,00	115.200	jul/05	Z Lima
27	Rolândia PR - ETE Bandeirante Cervin	Reator UASB + Filtro biológico + Decantador secundários	Sanepar	PB	3.254.891,05	40,00	28.800	jul/05	Z Lima
28	Araucária PR - ETE Cachoeira	Reator UASB + Filtro biológico Aerado + Decantador secundário	Sanepar	PB	5.299.971,29	80,00	57.600	jul/05	Z Lima
29	Arapongas PR - ETE Campinho	Reator UASB + Filtro biológico Aerado + Decantador secundário	Sanepar	PB	6.175.916,23	80,00	57.600	jul/05	Z Lima
30	Ceú Azul PR	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	PB	753.466,76	10,00	7.200	jul/04	Z Lima
31	Antônio Olinto PR - ETE Colaço	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	PB	536.215,34	5,00	3.600	jul/04	Z Lima

N.	LOCAL	PROCESSO	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	VAZÃO (L/s)	POP	DATA BASE	FONTE
32	Guarapuava PR - ETE Vassoural	Reatores UASB + Filtros biológicos + Decantadores secundários	Sanepar	PB	7.108.169,09	160,00	115.200	jul/04	Z Lima
33	Campo Largo PR - ETE Itaqui	Reator UASB + Filtro Percolador + Decantador secundário	Sanepar	PB	5.304.326,56	40,00	28.800	jul/09	Z Lima
34	Toledo PR - ETE Norte	Reator UASB + Filtros Percoladores + Decantadores secundários	Sanepar	PB	4.686.806,32	80,00	57.600	jul/09	Z Lima
35	São José da Boa Vista PR - ETE Pescaria	RALF + Filtro Anaeróbio	Sanepar	PB	844.362,11	5,00	3.600	jul/05	Z Lima
36	Toledo PR - ETE Sul	Reatores UASB + Filtros Aerados + Decantadores secundários	Sanepar	PB	13.599.961,07	160,00	115.200	jul/05	Z Lima
37	Londrina PR - ETE Esperança	Reatores UASB + Filtro biológico + Decantador secundário	Sanepar	PB	8.371.141,95	80,00	57.600	jul/05	Gouvea da Costa
38	Campina Grande do Sul PR	RALF + Filtro Anaeróbio	Sanepar	PB	432.233,56	10,00	7.200	jul/05	Gouvea da Costa
39	Marmeleiro PR	Reator UASB + Filtro Anaeróbio	Sanepar	PB	1.481.659,71	25,00	18.000	jul/05	Gouvea da Costa
40	Porto Feliz SP	Reatores UASB + Filtro biológico + Decantador secundário	SAAE	PE	6.472.763,46	138,75	72.000	ago/06	Gouvea da Costa
41	Juritis	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	1.300.000,00	4,00	2.304	jan/10	Z Lima
42	Nova Cardos	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	1.300.000,00	5,00	2.880	jan/10	Z Lima
43	S. J. Itaguaçu	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	1.100.000,00	5,20	2.995	jan/10	Z Lima
44	Guarapiranga	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	1.700.000,00	8,00	4.608	jan/10	Z Lima
45	Murutinga do Sul	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	2.400.000,00	15,00	8.640	jan/10	Z Lima
46	Borebi	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	PE	2.200.000,00	19,00	10.944	jan/10	Z Lima
47	Ibitinga	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	PE	13.000.000,00	140,00	80.640	jan/10	Z Lima
48	Taquaritinga	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	PE	12.790.000,00	150,00	86.400	jan/10	Z Lima
49	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Anáeróbias + Facultativas			2.460.000,00	41,67	30.000	nov/01	Nunes et al, 2005
50	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Anáeróbias + Facultativas			7.000.000,00	243,06	175.000	nov/01	Nunes et al, 2005
51	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Facultativas			2.975.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
52	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Facultativas			9.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
53	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Aeradas			8.750.000,00	243,06	175.000	nov/01	Nunes et al, 2005
54	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Filtro Aeróbio			975.000,00	20,83	15.000	nov/01	Nunes et al, 2005
55	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Filtro Aeróbio			2.100.000,00	83,33	60.000	nov/01	Nunes et al, 2005
56	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Filtro Anaeróbio			8.250.000,00	208,33	150.000	nov/01	Nunes et al, 2005
57	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados por Batelada + pós Tratamento			3.150.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
58	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados por Aeração Prolongada + pós Tratamento			1.350.000,00	20,83	15.000	nov/01	Nunes et al, 2005
59	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados por Aeração Prolongada + pós Tratamento			21.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
60	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados Convencional + pós Tratamento			4.200.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
61	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados Convencional + pós Tratamento			19.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
62	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lagoas de Estabilização			2.500.000,00	34,72	25.000	nov/01	Nunes et al, 2005
63	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lagoas de Estabilização			9.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
64	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Aeração Prolongada			3.150.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005

N.	LOCAL	PROCESSO	Prestadora	Projeto	VALOR (R\$)	VAZÃO (L/s)	POP	DATA BASE	FONTE
65	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Aeração Prolongada			9.975.000,00	243,06	175.000	nov/01	Nunes et al, 2005
66	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados Convencional			19.400.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
67	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados Convencional			40.000.000,00	555,56	400.000	nov/01	Nunes et al, 2005
68	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada			3.375.000,00	20,83	15.000	nov/01	Nunes et al, 2005
69	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada			6.825.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
70	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada			8.625.000,00	104,17	75.000	nov/01	Nunes et al, 2005
71	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada			21.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
72	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada			38.000.000,00	555,56	400.000	nov/01	Nunes et al, 2005
73	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 94902x, L/s)	Lodos Ativados c/ Desnitrificação			13.180.833,33	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
74	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 56818x, L/s)	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + Lagoa de alta taxa			7.891.388,89	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
75	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 54718x, L/s)	Lagoa aeróbia + lagoa de decantação			7.599.722,22	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
76	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 47965, L/s)	Lagoa facultativa			6.661.805,56	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
77	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 47569x, L/s)	Lagoa aeróbia			6.606.805,56	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
78	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 43605x, L/s)	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa			6.056.250,00	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
79	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 31712x, L/s)	Reator UASB			4.404.444,44	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
80	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 76501x, L/s)	UASB + Biofiltro aerado submerso			10.625.138,89	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
81	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 44596x, L/s)	UASB + Filtro anaeróbio			6.193.888,89	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
82	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 73335x, L/s)	UASB + filtro biológico de alta carga			10.185.416,67	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
83	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 49426x, L/s)	UASB + Lagoa aeróbia			6.864.722,22	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
84	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 45123x, L/s)	UASB + lagoa anaeróbia			6.267.083,33	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
85	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 92885x, L/s)	UASB + lodo ativado			12.900.694,44	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
86	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 79085x, L/s)	Lodo ativado aeração prolongada			10.984.027,78	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
87	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 76167x, L/s)	Lodo ativado batelada			10.578.750,00	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps
88	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (y = 112206x, L/s)	Lodo ativado Convencional			15.584.166,67	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecorps



## **APÊNDICE – TRATAMENTO DO LODO DO ESGOTO**

**Estimativa de Custo de Implantação de Estruturas para Condicionamento,**

**Desaguamento e Higienização de Lodo de Reatores Anaeróbios tipo UASB**

**A. Produção de Lodo**

<b>Valores Tabelados (Andreoli, 2001):</b>		
	0,15	Kg SST/Kg DBO <sub>a</sub>
	4,5	Concentração (%)
<b>DQO=</b>	600	mg/L

<b>Valores de Projeto:</b>		
<b>Q<sub>1</sub>=</b>	10	L/s
<b>Q<sub>2</sub>=</b>	50	L/s
<b>Q<sub>3</sub>=</b>	100	L/s
<b>Q<sub>4</sub>=</b>	300	L/s
<b>Q<sub>5</sub>=</b>	500	L/s

<b>A.1 Produção de Lodo p/ Q1=</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>	<b>operação</b>
<b>Q=</b>	864.000,00	L/dia	horas
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	518,40	kg/dia	2
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	77,76	kg SST/dia	m³/h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	1,73	m³/dia	0,864

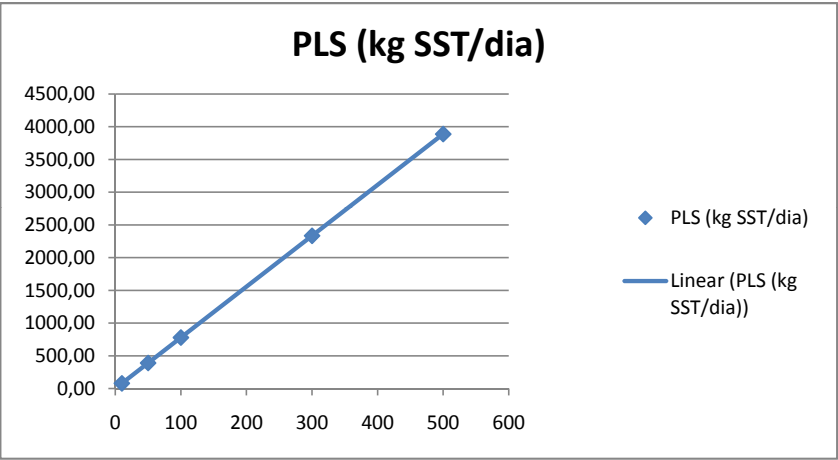
<b>A.2 Produção de Lodo p/ Q2=</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>	<b>operação</b>
<b>Q=</b>	4.320.000,00	L/dia	horas
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	2.592,00	kg/dia	8
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	388,80	kg SST/dia	m³/h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	8,64	m³/dia	1,08

<b>A.3 Produção de Lodo p/ Q3=</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>	<b>operação</b>
<b>Q=</b>	8.640.000,00	L/dia	horas
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	5.184,00	kg/dia	7
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	777,60	kg SST/dia	m³/h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	17,28	m³/dia	2,468571429

<b>A.4 Produção de Lodo p/ Q4=</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>	<b>operação</b>
<b>Q=</b>	25.920.000,00	L/dia	horas
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	15.552,00	kg/dia	14
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	2.332,80	kg SST/dia	m³/h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	51,84	m³/dia	3,702857143

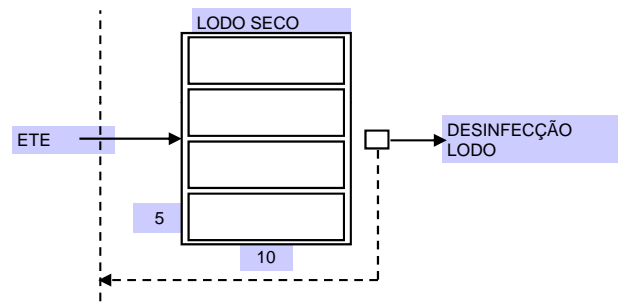
<b>A.5 Produção de Lodo p/ Q5=</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>	<b>operação</b>
<b>Q=</b>	43.200.000,00	L/dia	horas
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	25.920,00	kg/dia	12
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	3.888,00	kg SST/dia	m³/h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	86,40	m³/dia	7,2

A.4 Gráfico da Produção de Lodo Seco (UASB)

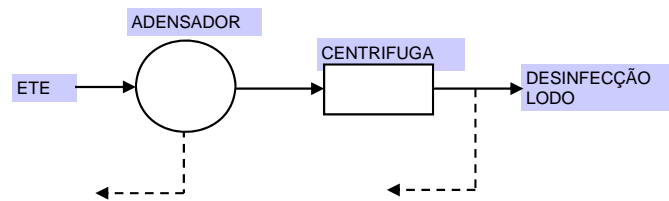


B. Fluxogramas do Sistema ref. ao Lodo

B.1 Tipo 1 (leito de secagem)



B.2 Tipo 2 (secagem mecanizada)



### C. Pré-Dimensionamentos do Tipo 1 (leitões de secagem)

<b>Valores Adotado:</b>		
<b>Taxa=</b>	15	kg/m <sup>2</sup> .ciclo
<b>t<sub>ciclo</sub>=</b>	25	dias
<b>Área<sub>leito</sub>=</b>	50	m <sup>2</sup> /leito

<b>C.1 Para a Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	77,76	kg SST/dia
	1.944,00	kg/ciclo
	129,60	m <sup>2</sup>
	3	leitões +10% reserva
<b>h=</b>	0,33	m

<b>C.2 Para a Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	388,80	kg SST/dia
	9.720,00	kg/ciclo
	648,00	m <sup>2</sup>
	15	leitões +10% reserva
<b>h=</b>	0,33	m

<b>C.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	777,60	kg SST/dia
	19.440,00	kg/ciclo
	1.296,00	m <sup>2</sup>
	29	leitões +10% reserva
<b>h=</b>	0,33	m

<b>C.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	2.332,80	kg SST/dia
	58.320,00	kg/ciclo
	3.888,00	m <sup>2</sup>
	86	leitões +10% reserva
<b>h=</b>	0,33	m

<b>C.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	3.888,00	kg SST/dia
	97.200,00	kg/ciclo
	6.480,00	m <sup>2</sup>
	143	leitões +10% reserva
<b>h=</b>	0,33	m

### D. Pré-Dimensionamentos do Tipo 2 (secagem mecanizada)

<b>Valores Adotado:</b>		
<b>G=</b>	120	kg/m <sup>2</sup> .dia

<b>D.1 Para a Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	77,76	kg SST/dia
<b>A<sub>adens</sub>=</b>	0,65	m <sup>2</sup>
<b>Ø=</b>	1,00	m

<b>D.2 Para a Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	388,80	kg SST/dia
<b>A<sub>adens</sub>=</b>	3,24	m <sup>2</sup>
<b>Ø=</b>	3,00	m

<b>D.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
$P_{LS} =$	777,60	kg SST/dia
$A_{adens} =$	6,48	m <sup>2</sup>
$\emptyset =$	3,00	m

<b>D.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
$P_{LS} =$	2.332,80	kg SST/dia
$A_{adens} =$	19,44	m <sup>2</sup>
$\emptyset =$	5,00	m

<b>D.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
$P_{LS} =$	3.888,00	kg SST/dia
$A_{adens} =$	32,40	m <sup>2</sup>
$\emptyset =$	7,00	m

#### E. Custos de Implantação da Secagem

##### E.1 Para o Tipo 1 (leito de secagem)

<b>E.1.1 Para Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	82.732,71	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 110.310,29</b>	

<b>E.1.2 Para Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	413.663,57	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 441.241,14</b>	

<b>E.1.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	799.749,57	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 827.327,14</b>	

<b>E.1.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	2.371.671,14	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 2.399.248,71</b>	

<b>E.1.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	3.943.592,71	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 3.971.170,29</b>	

**E.2 Para o Tipo 2 (secagem mecanizada)**

<b>E.1.2 Para a Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
Custo do Adensador=	35.558,23	
Custo da Centrífuga=	119.487,13	(1+0)
Custo da Estrutura para Centrífuga=	30.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 185.045,35</b>	

<b>E.1.2 Para a Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
Custo do Adensador=	72.296,84	
Custo da Centrífuga=	238.974,26	(1+1)
Custo da Estrutura para Centrífuga=	30.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 341.271,10</b>	

<b>E.1.2 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
Custo do Adensador=	72.296,84	
Custo da Centrífuga=	358.461,39	(2+1)
Custo da Estrutura para Centrífuga=	30.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 460.758,23</b>	

<b>E.1.2 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
Custo do Adensador=	116.051,32	
Custo da Centrífuga=	596.479,31	(1+1)
Custo da Estrutura para Centrífuga=	60.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 772.530,63</b>	

<b>E.1.2 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
Custo do Adensador=	166.821,67	
Custo da Centrífuga=	894.718,97	(2+1)
Custo da Estrutura para Centrífuga=	90.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 1.151.540,64</b>	

**F. Custos de Implantação da Higienização****F.1 Para o Tipo 1 (leito de secagem)**

<b>E.1.1 Para Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
Custo Casa de Cal=	2.940,00	
Custo de Betoneira=	2.850,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	36.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 41.790,00</b>	

<b>E.1.2 Para Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
Custo Casa de Cal=	8.700,00	
Custo de Betoneira=	5.700,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	180.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 194.400,00</b>	

<b>E.1.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
Custo Casa de Cal=	15.540,00	
Custo de Betoneira=	8.550,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	360.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 384.090,00</b>	

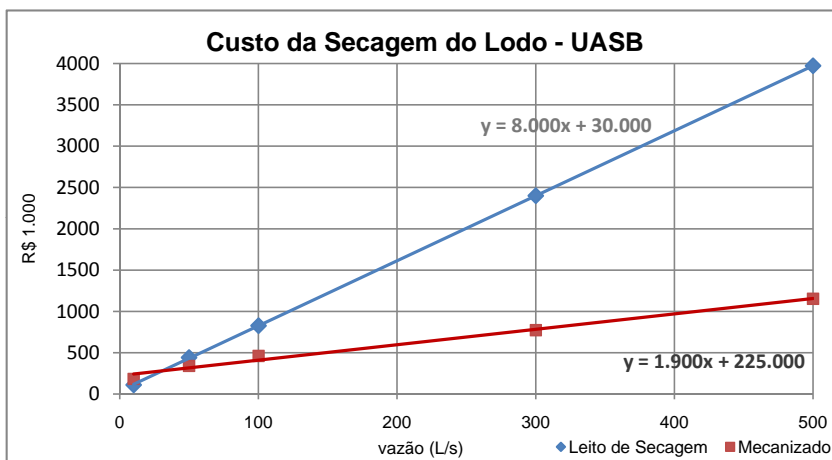
<b>E.1.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
Custo Casa de Cal=	43.620,00	
Custo de Betoneira=	22.800,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.080.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 1.146.420,00</b>	

<b>E.1.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
Custo Casa de Cal=	71.700,00	
Custo de Betoneira=	37.050,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.800.000,00	

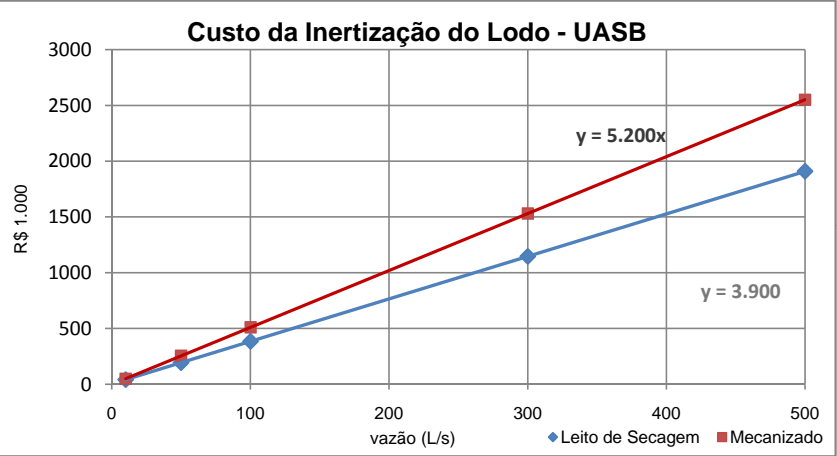
## E.2 Para o Tipo 2 (secagem mecanizada)

E.1.2 Para a Vazão de	10	L/s
Sistema de Inertização do Lodo=	15.019,40	
Custo da Estrutura de Condicionamento	36.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 51.019,40</b>	
E.1.2 Para a Vazão de	50	L/s
Sistema de Inertização do Lodo=	75.096,98	
Custo da Estrutura de Condicionamento	180.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 255.096,98</b>	
E.1.2 Para a Vazão de	100	L/s
Sistema de Inertização do Lodo=	150.193,96	
Custo da Estrutura de Condicionamento	360.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 510.193,96</b>	
E.1.2 Para a Vazão de	300	L/s
Sistema de Inertização do Lodo=	450.581,87	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.080.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 1.530.581,87</b>	
E.1.2 Para a Vazão de	500	L/s
Sistema de Inertização do Lodo=	750.969,79	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.800.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 2.550.969,79</b>	

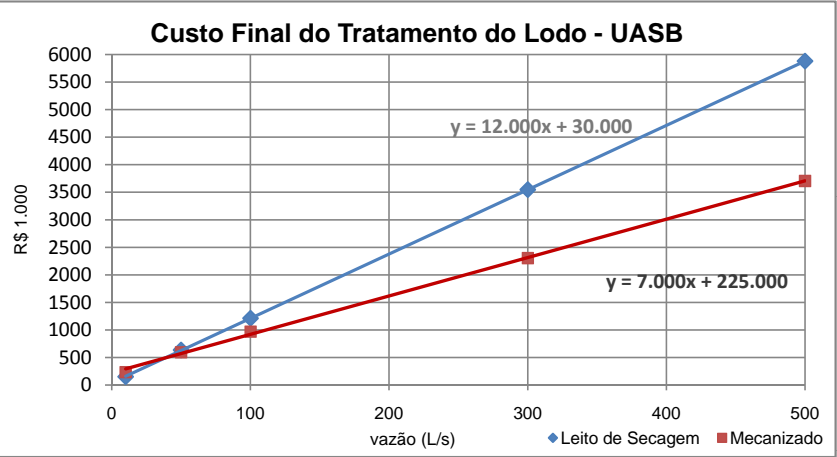
## E.3 Custos de Implantação da Secagem do Lodo



E.3 Custos de Implantação da Higienização do Lodo



E.3 Custos de Implantação do Tratamento Completo do Lodo





**Estimativa de Custo de Implantação de Estruturas para Condicionamento,  
Desaguamento e Higienização de Lodo de Reatores Anaeróbios tipo  
UASB+LA**

**A. Produção de Lodo do UASB**

Valores Tabelados (Andreoli, 2001):		
	0,15	Kg SST/Kg DBO <sub>a</sub>
	4,5	Concentração (%)
<b>DQO=</b>	600	mg/L

Valores de Projeto:		
<b>Q<sub>1</sub>=</b>	10	L/s
<b>Q<sub>2</sub>=</b>	50	L/s
<b>Q<sub>3</sub>=</b>	100	L/s
<b>Q<sub>4</sub>=</b>	300	L/s
<b>Q<sub>5</sub>=</b>	500	L/s

<b>A.1 Produção de Lodo p/ Q1=</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>	
<b>Q=</b>	864.000,00	L/dia	
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	518,40	kg/dia	
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	77,76	kg SST/dia	m <sup>3</sup> /h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	1,73	m <sup>3</sup> /dia	0,072

<b>A.2 Produção de Lodo p/ Q2=</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>	
<b>Q=</b>	4.320.000,00	L/dia	
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	2.592,00	kg/dia	
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	388,80	kg SST/dia	m <sup>3</sup> /h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	8,64	m <sup>3</sup> /dia	0,36

<b>A.3 Produção de Lodo p/ Q3=</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>	
<b>Q=</b>	8.640.000,00	L/dia	
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	5.184,00	kg/dia	
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	777,60	kg SST/dia	m <sup>3</sup> /h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	17,28	m <sup>3</sup> /dia	0,72

<b>A.4 Produção de Lodo p/ Q4=</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>	
<b>Q=</b>	25.920.000,00	L/dia	
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	15.552,00	kg/dia	
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	2.332,80	kg SST/dia	m <sup>3</sup> /h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	51,84	m <sup>3</sup> /dia	2,16

<b>A.5 Produção de Lodo p/ Q5=</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>	
<b>Q=</b>	43.200.000,00	L/dia	
<b>CO<sub>a</sub>=</b>	25.920,00	kg/dia	
<b>P<sub>LS</sub>=</b>	3.888,00	kg SST/dia	m <sup>3</sup> /h
<b>V<sub>LS</sub>=</b>	86,40	m <sup>3</sup> /dia	3,6

**A. Produção de Lodo - Lodos Ativados aeração prolongada**

Valores Tabelados (Andreoli, 2001):		
	0,525	Kg SST/Kg DBO <sub>a</sub>
	1	Concentração (%)
<b>Eficiência do UASB=</b>	70	%
<b>DQO=</b>	180	mg/L

Valores de Projeto:		
<b>Q<sub>1</sub>=</b>	10	L/s
<b>Q<sub>2</sub>=</b>	50	L/s
<b>Q<sub>3</sub>=</b>	100	L/s
<b>Q<sub>4</sub>=</b>	300	L/s
<b>Q<sub>5</sub>=</b>	500	L/s

A.1 Produção de Lodo p/ Q1=	10	L/s	operação	
Q=	864.000,00	L/dia	horas	Q/ unid
CO <sub>a</sub> =	155,52	kg/dia	8	1,3
P <sub>LS</sub> =	81,65	kg SST/dia	m³/h	quant.
V <sub>LS</sub> =	8,16	m³/dia	1,02	0,79

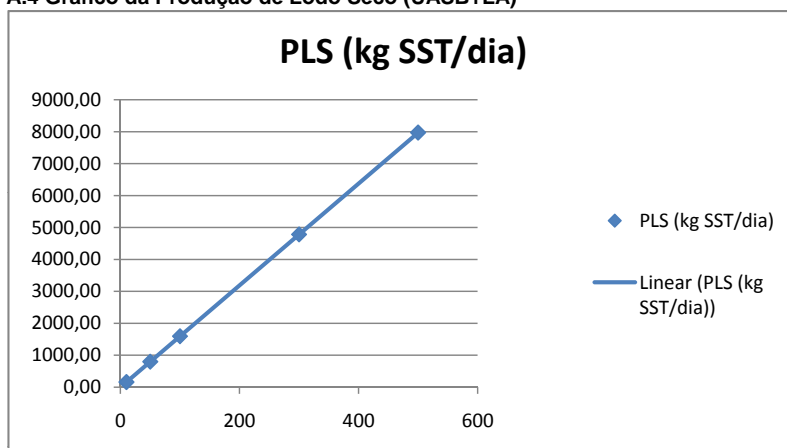
A.2 Produção de Lodo p/ Q2=	50	L/s	operação	
Q=	4.320.000,00	L/dia	horas	Q/ unid
CO <sub>a</sub> =	777,60	kg/dia	16	1,3
P <sub>LS</sub> =	408,24	kg SST/dia	m³/h	quant.
V <sub>LS</sub> =	40,82	m³/dia	2,55	1,96

A.3 Produção de Lodo p/ Q3=	100	L/s	operação	
Q=	8.640.000,00	L/dia	horas	Q/ unid
CO <sub>a</sub> =	1.555,20	kg/dia	22	3,7
P <sub>LS</sub> =	816,48	kg SST/dia	m³/h	quant.
V <sub>LS</sub> =	81,65	m³/dia	3,71	1,00

A.4 Produção de Lodo p/ Q4=	300	L/s	operação	
Q=	25.920.000,00	L/dia	horas	Q/ unid
CO <sub>a</sub> =	4.665,60	kg/dia	22	3,7
P <sub>LS</sub> =	2.449,44	kg SST/dia	m³/h	quant.
V <sub>LS</sub> =	244,94	m³/dia	11,13	3,01

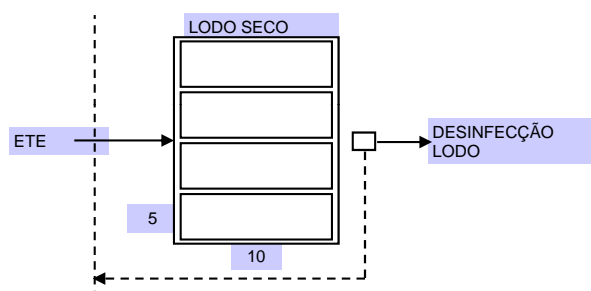
A.5 Produção de Lodo p/ Q5=	500	L/s	operação	
Q=	43.200.000,00	L/dia	horas	Q/ unid
CO <sub>a</sub> =	7.776,00	kg/dia	22	3,7
P <sub>LS</sub> =	4.082,40	kg SST/dia	m³/h	quant.
V <sub>LS</sub> =	408,24	m³/dia	18,56	5,02

A.4 Gráfico da Produção de Lodo Seco (UASB+LA)

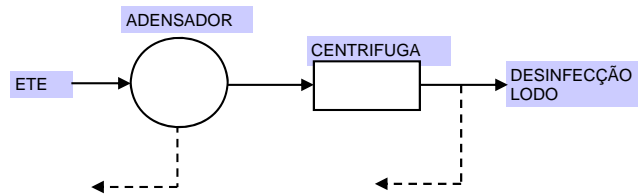


## B. Fluxogramas do Sistema ref. ao Lodo

### B.1 Tipo 1 (leito de secagem)



## B.2 Tipo 2 (secagem mecanizada)



## C. Pré-Dimensionamentos do Tipo 1 (leitos de secagem)

<b>Valores Adotado:</b>		
Taxa=	15	kg/m².ciclo
t <sub>ciclo</sub> =	25	dias
Área <sub>leito</sub> =	50	m²/leito

<b>C.1 Para a Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	159,41	kg SST/dia
	3.985,20	kg/ciclo
	265,68	m²
	6	leitos +10% reserva
h=	0,33	m

<b>C.2 Para a Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	797,04	kg SST/dia
	19.926,00	kg/ciclo
	1.328,40	m²
	30	leitos +10% reserva
h=	0,33	m

<b>C.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	1.594,08	kg SST/dia
	39.852,00	kg/ciclo
	2.656,80	m²
	59	leitos +10% reserva
h=	0,33	m

<b>C.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	4.782,24	kg SST/dia
	119.556,00	kg/ciclo
	7.970,40	m²
	176	leitos +10% reserva
h=	0,33	m

<b>C.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	7.970,40	kg SST/dia
	199.260,00	kg/ciclo
	13.284,00	m²
	293	leitos +10% reserva
h=	0,33	m

## D. Pré-Dimensionamentos do Tipo 2 (secagem mecanizada)

<b>Valores Adotado:</b>		
G=	120	kg/m².dia

<b>D.1 Para a Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	159,41	kg SST/dia
A <sub>adens</sub> =	1,33	m²
Ø=	2,00	m

<b>D.2 Para a Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
P <sub>LS</sub> =	797,04	kg SST/dia
A <sub>adens</sub> =	6,64	m²

<b>D.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
$P_{LS}=$	1.594,08	kg SST/dia
$A_{adens}=$	13,28	m <sup>2</sup>
$\varnothing=$	5,00	m

<b>D.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
$P_{LS}=$	4.782,24	kg SST/dia
$A_{adens}=$	39,85	m <sup>2</sup>
$\varnothing=$	8,00	m

<b>D.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
$P_{LS}=$	7.970,40	kg SST/dia
$A_{adens}=$	66,42	m <sup>2</sup>
$\varnothing=$	10,00	m

## E. Custos de Implantação

### E.1 Para o Tipo 1 (leito de secagem)

<b>E.1.1 Para Vazão de</b>	<b>10</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	165.465,43	
Custo do Terreno=		
Custo Casa de Cal=	4.380,00	
Custo de Betoneira=	2.850,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	36.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 236.283,00</b>	

<b>E.1.2 Para Vazão de</b>	<b>50</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	827.327,14	
Custo do Terreno=		
Custo Casa de Cal=	15.900,00	
Custo de Betoneira=	8.550,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	180.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 1.059.404,71</b>	

<b>E.1.3 Para a Vazão de</b>	<b>100</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	1.627.076,71	
Custo do Terreno=		
Custo Casa de Cal=	30.300,00	
Custo de Betoneira=	14.250,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	360.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 2.059.304,29</b>	

<b>E.1.4 Para a Vazão de</b>	<b>300</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	4.853.652,57	
Custo do Terreno=		
Custo Casa de Cal=	87.900,00	
Custo de Betoneira=	42.750,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.080.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 6.092.180,14</b>	

<b>E.1.5 Para a Vazão de</b>	<b>500</b>	<b>L/s</b>
Custo por Leito=	27.577,57	
Custo Total dos Leitos=	8.080.228,43	
Custo do Terreno=		
Custo Casa de Cal=	145.140,00	
Custo de Betoneira=	71.250,00	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.800.000,00	

## E.2 Para o Tipo 2 (secagem mecanizada)

E.1.2 Para a Vazão de	10	L/s
Custo do Adensador=	53.050,55	
Custo do Terreno=		
Custo da Centrífuga=	238.974,26	(1+1)
Sistema de Inertização do Lodo=	30.789,76	
Custo da Estrutura de Condicionamento	73.800,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 396.614,57</b>	

E.1.2 Para a Vazão de	50	L/s
Custo do Adensador=	72.296,84	
Custo do Terreno=		
Custo da Centrífuga=	358.461,39	(2+1)
Sistema de Inertização do Lodo=	153.948,81	
Custo da Estrutura de Condicionamento	369.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 953.707,03</b>	

E.1.2 Para a Vazão de	100	L/s
Custo do Adensador=	116.051,32	
Custo do Terreno=		
Custo da Centrífuga=	596.479,31	(1+1)
Sistema de Inertização do Lodo=	307.897,61	
Custo da Estrutura de Condicionamento	540.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 1.560.428,25</b>	

E.1.2 Para a Vazão de	300	L/s
Custo do Adensador=	186.594,19	
Custo do Terreno=		
Custo da Centrífuga=	1.192.958,63	(3+1)
Sistema de Inertização do Lodo=	923.692,84	
Custo da Estrutura de Condicionamento	1.620.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 3.923.245,66</b>	

E.1.2 Para a Vazão de	500	L/s
Custo do Adensador=	232.102,64	
Custo do Terreno=		
Custo da Centrífuga=	1.789.437,94	(5+1)
Sistema de Inertização do Lodo=	1.539.488,07	
Custo da Estrutura de Condicionamento	2.700.000,00	
<b>Custo Total=</b>	<b>R\$ 6.261.028,65</b>	

## E.3 Gráfico dos Resultados Finais dos Custos de Implantação

